Actas del Décimo Congreso Nacional y
Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la construcción



Donostia-San Sebastián
3 a 7 de octubre de 2017

Volumen III

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas et al. (Eds.). **Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
F. Bores et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Buchanan et al. (Eds.). **Robert Willis. Science, Technology and Architecture in the Nineteenth Century**
A. Casas et al. (Eds.). **Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Choisy. **El arte de construir en Roma**
A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**
A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**
A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)
I. J. Gil Crespo. (Ed.). **Historia, arquitectura y construcción fortificada**
I. J. Gil Crespo. **Actas de las Segundas Jornadas sobre Historia. Arquitectura y Construcción Fortificada**
J. Girón y S. Huerta. (Eds.) **Auguste Choisy (1841-1909). L'architecture et l'art de bâtir**
A. Graciani et al. (Eds.). **Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**
J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**
J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**
J. Heyman. **Geometry and Mechanics of Historic Structures**
J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**
J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**
J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. 2 vols.**
J. Heyman. **Vigas y pórticos**
S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**
S. Huerta (Ed.). **Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y F. López Ulloa (Eds.). **Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y P. Fuentes (Eds.). **Actas del I Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**
S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures, in Honour of Jacques Heyman**
S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the 1st International Congress on Construction History**
J. Monasterio. **Nueva teórica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)
J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**
H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)
G. E. Street. **La arquitectura gótica en España**
H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura**
A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**
E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**
R. Willis. **La construcción de las bóvedas en la Edad Media**

Actas del Décimo Congreso Nacional y

Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. San Sebastián, 3 –7 octubre 2017

Organizado por
Sociedad Española de Historia de la Construcción
ETS de Arquitectura Donostia-San Sebastián (UPV/EHU)
Instituto Juan de Herrera

Colaboran
Máster Rehabilitación y Restauración (UPV/EHU)
Puertos del Estado. Ministerio de Fomento
Programa de Doctorado de Patrimonio (UPV/EHU)
Grupo de Investigación de Estructuras de Madera en la Arquitectura (UPV/EHU)
Centro de Estudios José Joaquín de Mora (Fundación Cárdenas)

Director
Santiago Sánchez Beitia

Presidente de la SEdHC
Santiago Huerta

Comité Organizador
Ana Azpiri Albistegui
Javier Barrallo
Alfredo Calosci
Maite Crespo de Antonio
Lauren Etxepare Igiñiz
Paula Fuentes
Ignacio Javier Gil Crespo
Daniel Luengas Carreño
Alba de Luis
David Ordóñez Castañon

Comité Científico

Nacional
Antonio Almagro Gorbea
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Javier Barrallo Calonge
Luis Alfonso Basterra Otero
José Calvo López
Pepa Cassinello
Manuel Durán Fuentes
Rafael García García
Ignacio Javier Gil Crespo
Francisco Javier Girón Sierra
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Santiago Huerta
Rafael Marín Sánchez
Gaspar Muñoz Cosme
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
Enrique Rabasa Díaz
Antonio Ruiz Hernando
Santiago Sánchez Beitia
Cristina Segura Graíño
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalán

Internacional
Bill Addis (Reino Unido)
Antonio Becchi (Italia)
Tamara Blanes (Cuba)
Dirk Bühler (Alemania)
Mónica Cejudo Collera (México)
Luis María Calvo (Argentina)
Antonio de las Casas Gómez (Chile)
Xavier Cortés de la Rocha (México)
Beatriz del Cueto (Puerto Rico)
Juan Ignacio del Cueto (México)
Milagros Flores Román (Puerto Rico)
Virginia Flores Sasso (Rep. Dominicana)
Benjamín Ibarra Sevilla (México, EE.UU.)
Ana Angélica López Ulloa (Ecuador)
Fabián López Ulloa (Ecuador)
Joao Mascarenhas Mateus (Portugal)
Mario Mendonça de Oliveira (Brasil)
Roberto Meli (México)
Sandra Negro Tua (Perú)
John Ochsendorf (EE.UU.)
Esteban Prieto Vicioso (Rep. Dominicana)
María Isabel Sardón de Taboada (Perú)
Margareth Da Silva Pereira (Brasil)
Daniel Taboada Espinella (Cuba)

Actas del Décimo Congreso Nacional y
Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Donostia - San Sebastián, 3 – 7 de octubre de 2017

Edición a cargo de
Santiago Huerta
Paula Fuentes
Ignacio J. Gil Crespo

Prologo
Santiago Sánchez Beitia

Volumen III

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

















ISBN:978-84-9728-561-2 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-562-9 (Vol. I)
Depósito legal: M-26944-2017
Portada: Faro de Eddystone. J. Smeaton. *Narrative of the building and construction of the Eddystone lighthouse with* stone. London: 1791.
Fotocomposición e impresión: GRACEL
Libros Juan de Herrera: librosjuandeherrera.wordpress.com

Índice

Volumen I

Volumen II

Volumen III

La fábrica de papel Echezarreta en Legorreta como ejemplo de la evolución constructiva y arquitectónica de la arquitectura industrial guipuzcoana

Irati Otamendi-Irizar

La industria moderna se desarrolló en Gipuzkoa de manera no centralizada, extendiéndose en el territorio en torno a las cuencas hidrográficas. Numerosas fábricas, especialmente en la cuenca del Oria, acogieron desde el siglo XIX actividades del sector papelero, que fue uno de los principales junto con el textil y el del metal. (Catalán 1990, 126).

En la evolución acaecida en las arquitecturas de las industrias guipuzcoanas se identifican pautas y dinámicas comunes en diferentes periodos. Se repitieron tendencias arquitectónicas y constructivas similares en edificios que acogerían actividades diversas, de manera que «… en cada sector podemos observar una gran variedad de arquitecturas» (Collantes 2015,53).

Muestra de todo ello resultan los conjuntos industriales que han llegado a nuestros días. Así, este trabajo ha tenido como objetivo estudiar el proceso evolutivo de la Fábrica de papel Echezarreta. Para ello, se han tenido en cuenta tanto la evolución constructiva y arquitectónica como la relativa al proceso productivo. Con ese fin, se han desarrollado tareas como el trabajo de campo, la investigación documental y el análisis histórico-constructivo de las arquitecturas que integran el conjunto.

Proceso evolutivo del conjunto

Origen. Fábrica de cartón.

Según el ingeniero Jules Deschamps la primitiva fábrica de cartón (ordinario) de Echezarreta se construyó en 1903 (Doxandabaratz 2002,53) y se sabe que para 1909 la fábrica se había ampliado con unos «almacenes».[1] El conjunto se asentaba en la parte sur de los terrenos que posteriormente se ocuparon por la fábrica y se constituía por dos naves a modo de pabellones de pisos con cubiertas a dos aguas y construidos según lógicas constructivas tradicionales (figura 1).

Se desconoce la autoría de estos edificios, sin embargo, se construyeron «bajo la dirección de personas técnicas». Asimismo, se sabe que la construcción del conjunto de edificios era de «mampostería, ladrillo, viguetas de hierro y hormigón, armazón mixto de madera y hierro, algunos pisos solo de madera y otros solados de hormigón y portland» en 1924.[2]

De la documentación manejada se deduce que la estructura perimetral consistía en muros de fábrica de mampostería y ladrillo –para la formación de los huecos– en la fábrica primitiva y el frente del pabellón anexo. Sin embargo, en los laterales de los almacenes y en el piso superior de la primera fábrica se resolvía mediante soportes de ladrillo que permitían la eliminación del cerramiento puesto que se perseguía la generación de espacios abiertos que acogerían los secaderos. El resto de la estructura se construyó, principalmente, a base de madera: pies derechos, armaduras horizontales y la armadura de cubierta. Sin embargo, en esta última –descrita como «armazón mixto de madera y hierro»– se emplearon perfiles de hierro para cabios, así como otros elementos metálicos de unión en las cerchas. Los pisos de la fábrica primitiva se construyeron mediante armaduras de madera, no obstante, con el

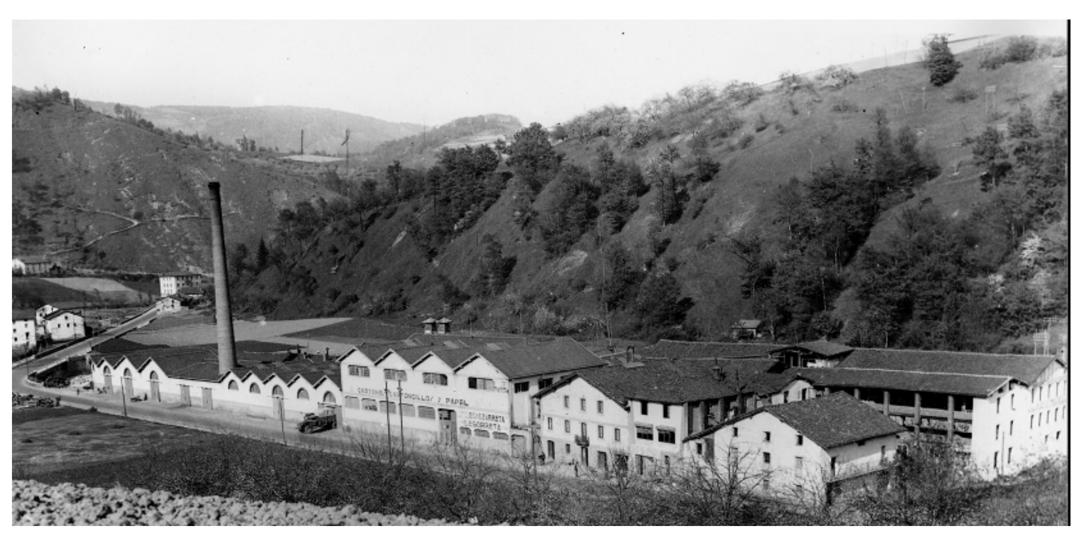


Figura 1
Panorámica del conjunto de Echezarreta. Años 30. (AML CD2)

tiempo se fueron sustituyendo por elementos de hormigón armado (figura 2).

El conjunto acogía el proceso productivo completo, distribuyendo las diferentes etapas en las diversas alturas de los pabellones de pisos. La elección de este tipo arquitectónico, considerado como el «más importante para la arquitectura industrial durante un siglo» (Apraiz y Martínez 2008, 68) tiene su origen, al igual que el asentamiento, en el aprovechamiento de la energía hidráulica. Así, al tratarse de un edificio compacto de disposición vertical se simplificaba enormemente la transmisión de la energía desde el sótano –donde se acogían las turbinas– a todos los espacios productivos (Collantes 2015, 54). Cabe reseñar que, como se ha visto con para el caso del secadero, la cuestión productiva influyó también en otras cuestiones arquitectónicas y constructivas.

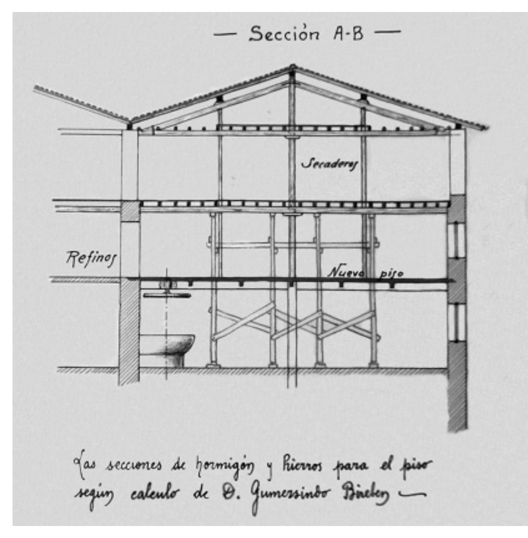


Figura 2
Proyecto de piso de hormigón armado en sustitución del piso original de madera en la fábrica primitiva. 1941 (AEPE 14_01)

1918–1945. Años de expansión: de una a tres fábricas.

En 1918 arrancó una nueva etapa de Echezarreta con el inicio de producción de papel (Doxandabaratz 2002, 45) para lo que se construyó una nueva fábrica. En 1929 se produjo otro cambio importante: la construcción de nuevos pabellones para acoger la «fábrica de cartoncillo». Así, en los años 30, el conjunto industrial se extendió notablemente y llegó a ocupar todos los solares pertenecientes a la empresa con una superficie superior a los 4700 m^2. El conjunto pre-

sentaba una imagen heterogénea compuesta por volúmenes diversos, de alturas y tipologías dispares (figura 1).

En el aspecto constructivo convivían, asimismo, diversos sistemas y materiales. La fábrica de cartón no había sufrido variaciones notables respecto a lo expuesto anteriormente. En cuanto a la fábrica de papel, albergada en los pabellones lineales traseros, se sabe que se erigió «bajo la dirección de personas técnica» y que los muros y la cubierta se construyeron de manera análoga a la fábrica primitiva: de mampostería y ladrillo los primeros y con «armazón mixto de madera y hierro» la estructura de cubierta.[3] Las novedades consintieron en emplear teja plana alicantina para la cubrición de las cubiertas y en dejar atrás la madera para la formación de los pisos. Así, los pisos bajos presentaban «solados de hormigón y portland» y los altos eran «de hormigón con viguetas metálicas». Se desconoce el sistema constructivo manejado, sin embargo, cabe deducir que pudieran emplearse perfiles de hierro embebidos en hormigón tal y como se recurrió en diversos sistemas precedentes al hormigón armado a base de barras de acero (Bernabeu 2005).

Para la construcción de los pabellones de haz de naves de altura única, que acogían la sección de cartoncillo y las dependencias comunes a las diversas secciones, en general, se repitieron las lógicas y técnicas empleadas en la de papel. Sin embargo, en las escrituras de 1933[4] se menciona por primera vez el «hormigón armado» al que se recurrió para la construcción de los «bajos solados» de los edificios erigidos en 1929. Asimismo, se citan los pabellones «de hormigón armado con cubierta de madera». Estos pabellones –reconocibles en la figura 1 por tratarse de los únicos de doble altura en el frente del conjunto– fueron el resultado de una ampliación ejecutada entre 1929 y 1933 (figura 3). Se construyeron en hormigón armado los cimientos, la estructura vertical y los forjados y, por el contrario, para la cubierta volvieron a recurrir a la madera –empleando cerchas (de par y pendolón) que apoyaban directamente sobre la estructura de hormigón armado– y mantuvieron la solución para la cobertura. La retícula estructural de hormigón armado construida presentaba luces de entre 3,5 y 5 m en las naves anteriores y un vano de –9 m en la nave posterior. Uno de los principales cambios derivados del abandono del esquema murario consistió en la posibilidad de generar amplios huecos

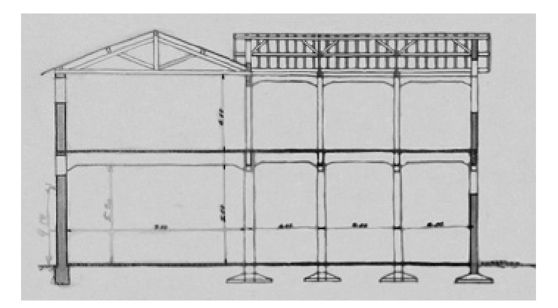


Figura 3
Ampliación de la fábrica de cartoncillo. 1929–1933 (AEPE 14_02)

en la fachada. Estos ventanales presentaban carpinterías reticulares –probablemente de madera[5]– y cristal de tipo rollet y el cerramiento se componía, aparentemente, de doble hoja de ladrillo.

En este contexto, y conociendo que el «sistema Ribera» –patentado por Eugenio Ribera– desde 1898[6] en la Papelera Araxes sita a menos de 20 km, pudiera parecer que el conjunto de Legorreta presentaba unas instalaciones constructivamente anticuadas. Sin embargo, debe aclararse que la aplicación del hormigón armado estructural «no se hizo común en los edificios industriales guipuzcoanos hasta las décadas de 1920 y 1930» (Collantes 2015, 41).

Desde el punto de vista productivo, en esta etapa llegaron a convivir tres fábricas (de cartón, de papel y de cartoncillo) en paralelo, acogiendo –cada una– su propio flujo productivo completo. Así, se comprende que la introducción de cada nuevo producto promovió la construcción de nuevas edificaciones que acogerían las nuevas instalaciones.

Años 1945–1963. Años de renovación y consolidación

En la segunda mitad de la década de 1940 se inició una nueva etapa de constante renovación que dio como resultado un compacto y consolidado conjunto que ha llegado a nuestros días.

La iniciativa que estrenó ese periodo trajo consigo la sustitución de la primitiva fábrica de cartón. Se construyó un nuevo pabellón destinado a la producción de pasta química. Por primera vez, un edificio íntegramente dedicado a una única etapa productiva.

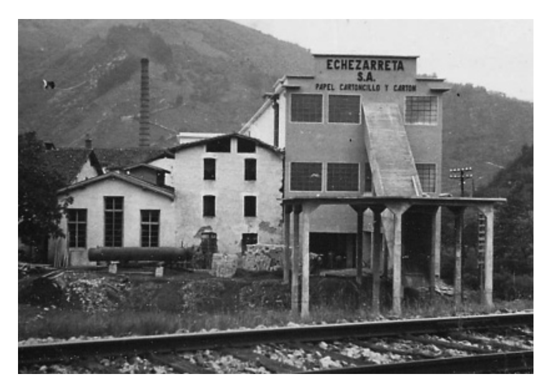


Figura 4
Nuevo edificio para la producción de pasta química junto al conjunto preexistente. Años 40. (AEPE F 571)

Consistía en un cuerpo de líneas rectas, notablemente más alto que el edificio precedente (figura 4) y con cubierta plana. Un edificio funcional en el que las necesidades industriales resultaron determinantes en el diseño (depósito de agua en la cubierta, elevador de materia prima en el frente, turbinas en el sótano, etc.). Sin embargo, presentaba una clara voluntad estética caracterizada por la horizontalidad marcada por los ventanales reticulares, los aleros y las cornisas, el «gablete escalonado» (Collantes 2015, 81) –que, rematando la fachada frontal, acogía el rótulo con el nombre de la empresa– y otros detalles (figura 5).

La nueva edificación se apoyó –parcialmente– sobre el muro de contención de cinco metros de altura construido a inicios de siglo para el primer asentamiento.[7] Por tanto, la nueva estructura de hormigón arrancaba desde la coronación del mencionado muro de mampostería y se elevaba en otras dos plantas, tal y como se vislumbra de las características de los huecos en la planta inferior (figura 5). Se construyó una estructura porticada con luces de entre 4 y 6 m y crujías inferiores a 4,5 m, siguiendo los ritmos marcados por el muro preexistente. La cubierta plana acogía una lámina de agua para asegurar la estanqueidad.[8] Los ventanales rectangulares presentaban carpinterías reticulares parcialmente practicables, probablemente formados por esbeltos perfiles metálicos recibidos con masilla (Collantes 2015, 103).

La siguiente intervención importante fue –repitiendo la lógica primitiva–la sustitución de lo que fueran los almacenes de la fábrica de cartón por un nuevo pabellón de pasta mecánica, anexo al edificio recién descrito.[9] Se concibió como ampliación del pabellón erigido pocos años atrás y respondió a las características predefinidas. Se levantó en estructura porticada de hormigón armado con luces de en torno a 7–7,5 m y crujías de 4 m, siguiendo el ritmo que el pabellón anexo heredó de la fábrica preexistente. El cerramiento consistía en una hoja de ladrillo de asta entera con acabado a base de planeo de cemento y blanqueo a la cal. Las carpinterías reticulares, aparentemente semejantes a los del pabellón anexo, se formaron a base de perfiles metálicos y cristal tipo «rollet».[10]

El crecimiento que venía sucediendo fue interrumpido el 5 de noviembre de 1951 por un incendio que tuvo lugar en el pabellón de doble altura de la sección de cartoncillo. Las llamas arrasaron la cubierta y su



Figura 5
Nuevo edificio para la producción de pasta química. Años 40. (AEPE F 610)



Figura 6
Vista de los pabellones incendiados. 1951. (AEPE F 507)



Figura 7
Reconstrucción de los pabellones incendiados. 1953. (AEPE F 526)

estructura de madera y la parte superior de la fachada principal fue parcialmente destruida. No obstante, los pórticos de hormigón armado –aparentemente– no sufrieron daños (figura 6). Este imprevisto fue abordado inmediatamente mediante el proyecto de un edificio que presidiría el conjunto por el lado de la carretera. La intervención consistía –básicamente– en reconstruir la parte superior del pabellón incendiado y darle continuación hasta la chimenea. Si bien el proyecto fue unitario, su ejecución se llevó a cabo en dos fases (figura 7).

Se erigió un pabellón que respondía a códigos racionales y de neutralidad –acorde con las ampliaciones precedentes– presidido por una monumental entrada con claras reminiscencias clásicas.

Se tomó como base la estructura preexistente de la planta baja y se construyó la parte superior y el techo, así como la parte erigida en la segunda fase, íntegramente. En ese sentido, la estructura de la parte preexistente consistía en un sistema bidireccional donde la luz superior ronda los 5 m, mientras que en el resto, la nueva estructura se resolvió con un sistema unidireccional –mediante pórticos longitudinales– generando crujías de entre 9 y 10,5 m.[11] El cerramiento se construyó en asta entera de «bloques de ladrillo» y su acabado consistió en un «planeo de cemento y 3 manos de blanqueo a la cal», probablemente a la tirolesa.[12] Los ventanales se construyeron mediante perfiles de acero «laminados de doble ajuste de 34 mm de grueso … montantes basculantes dispuestos para ser acristalados por el interior con escuadritas y masilla» y las partes practicables eran «abribles al interior». Se acabaron con tres baños de pintura al oleo blanco y se acristalaron con «cristal rollet».

El primer lustro de los años 50 fue muy intenso, en ese sentido, además del edificio principal expuesto, varias partes del conjunto se sustituyeron por nuevas estructuras y el conjunto continuaba adquiriendo una imagen cada vez más homogénea y compacta. En ese sentido, partes de los pabellones dedicados a departamentos comunes –que ya habían experimentado levantes– fueron sustituidas para 1954 por edificaciones que respondían a características análogas a las anteriores y lo mismo sucedía –paulatinamente– en el extremo sur del conjunto (figura 8).

En esta etapa, caracterizada por la voluntad de renovación y modernización, la intervención más representativa consistió en la construcción de un moderno edificio de oficinas y viviendas diseñado por el destacado arquitecto navarro Fernando Redón Huici. [13]

Se trata de un volumen que situado en el extremo norte de la fábrica –ocupado hasta entonces por los departamentos comunes– encabezó el conjunto. El edificio se comprende como un cuerpo apaisado, definido –volumétricamente– por las alineaciones heredadas del conjunto fabril preexistente, que se apoya sobre una base compacta hacia el lado de la fábrica y descansa su extremo norte sobre ligeros pilares.

La composición de las fachadas reforzaba el planteamiento anterior, pues la fachada del frente se define –fundamentalmente– por líneas horizontales que dan continuidad a las marcadas en los edificios fabriles contiguos. Merecen mención las estrategias com-

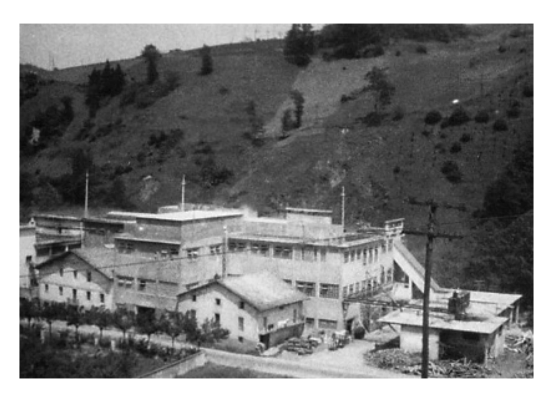


Figura 8
Renovación paulatina del extremo sur. Años 50 . (AEPE F 564)

positivas empleadas por el arquitecto, pues además de servirse de interesantes juegos geométricos, puso empeño en cuestiones de materialidad empleando diversas texturas y juegos cromáticos. Así, su *modus operandi* se acerca a las lógicas propias del neoplasticismo. Redón definió pautas generales de composición que aplicó en cada fachada en función de sus particularidades en la concepción global. Cabe resaltar el delicado diseño de las diferentes modulaciones de las carpinterías, para lo que delineó planos y detalles constructivos por cada tipo de modulación.

Respecto a lo estructural, el arquitecto proyectó cuatro pórticos de hormigón armado dispuestos en sentido longitudinal y aportó información sobre las dimensiones «aproximadas» de la estructura. En cuanto a los cerramientos exteriores, los de planta baja consisten en «muros de mampostería de 50 cm de espesor de piedra del país». En las plantas superiores, los cerramientos consisten en «muros de media asta, manta de fibra de vidrio de 5 cm de espesor y panderete». Para las carpinterías, el arquitecto dispuso que se construyeran de madera de «pino Soria en los marcos y partes fijas» y que las partes practicables fueran de roble.[14] Asimismo, aportó varias indicaciones sobre cuestiones constructivas (dimensiones de las vigas, despiece de mampuestos y aplacado, etc.) con miras a reforzar aspectos compositivos.



Figura 9
Edificio de oficinas y viviendas diseñado por Fernando Redón Huici. Años 50. (AEPE F 549)

Fernando Redón dio una excelente respuesta a la voluntad de modernidad a la que debía responder este edificio de cabecera. Así, cabe afirmar que este edificio se convirtió en la pieza de mayor calidad arquitectónica del conjunto.[15]

Realizando un somero repaso de esta etapa, se comprende que desde la construcción del primer edificio que respondía íntegramente a las características propias de la arquitectura industrial guipuzcoana del momento (estructura de hormigón armado, cubierta plana, grandes ventanales con carpinterías reticulares…) las siguientes actuaciones contribuyeron en la formación de una fábrica moderna y unitaria (en lo productivo, espacialmente y en cuanto a imagen) (figura 10). Así, se generaron espacios neutros, flexibles, bien comunicados e iluminados y se emplearon «recursos formales» y «comunicativos» (Collantes 2015, 75–93) recurrentes en el panorama industrial guipuzcoano. La búsqueda de una imagen moderna estuvo muy presente en las mentes de los industriales, pues se veía «la fábrica como medio de venta» al considerarse «el escaparate más eficaz de sí misma» (Darley [2003] 2010, 155).

Años 60. Salto al otro lado de la carretera.

En 1963 se gestó un cambio que fundaría las bases de una nueva era; la construcción del primer pabellón destinado a producción al otro lado de la carretera. Por primera vez, una nave lineal de planta única y exenta que, además, superaba en dimensiones a todas las arquitecturas construidas hasta el momento.

El proyecto, que data de marzo de 1963 y no está suscrito, prevé la construcción de un pabellón de unos 60 × 24 m y 15 m de altura, con cubierta abovedada, con el fin de crear un gran espacio para acoger una nueva máquina continua de papel, de grandes dimensiones. La obra fue culminada en marzo de 1965 y se ejecutó bajo la dirección de

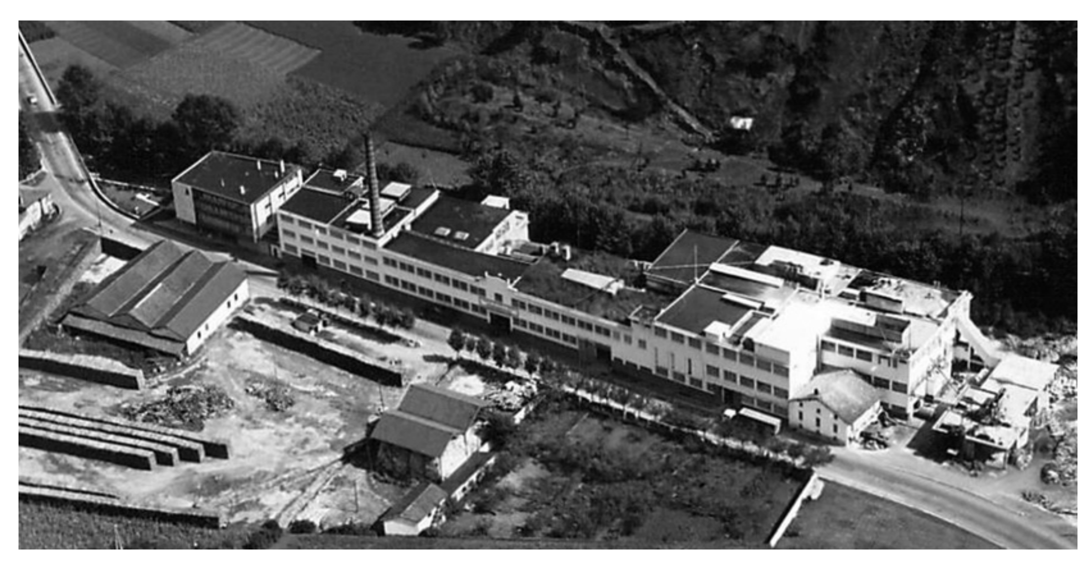


Figura 10
Panorámica del conjunto industrial. Años 50. (AEPE F 544)

Francisco Ochoa de Zabalegui, ingeniero industrial y hermano del gerente. [16]

Constructivamente, los postes y las vigas (de arriostramiento, de carril y de coronación) se ejecutaron en hormigón armado y la cubierta abovedada, formada por tableros cerámicos «Celetyp» y placas de uralita por el exterior, se sustentaba por arcos construidos a base de tableros cerámicos del mismo tipo y tirantes de hormigón armado (figura 11). Según fuentes orales, para su construcción se contó con mano especializada proveniente de Cataluña y la determinación de utilizar este producto cerámico para la cubierta –incluso para los arcos donde no resulta tan común su aplicación[17]– se derivó, fundamentalmente, de la preocupación que los propietarios tenían en cuanto a los daños que podrían causar el calor y los vapores corrosivos expedidos por la máquina.[18]

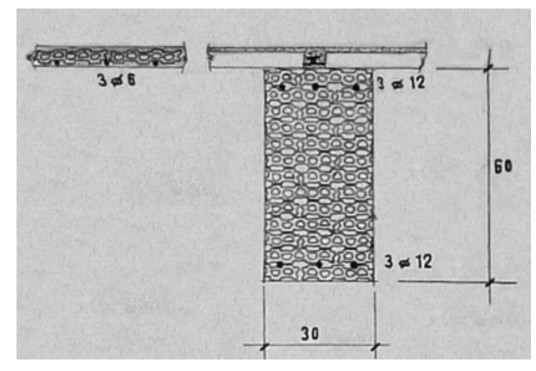


Figura 11
Sección de los arcos formados por tableros cerámicos «Celetyp». 1963. (AEPE 14_10)

Si bien en un inicio este «edificio se efectuó con las dimensiones mínimas para alojar la máquina de papel …», en 1967 se llevó a cabo su ampliación, prevista desde un inicio para ejecutar «en una segunda fase».[19] La ampliación consistió en la construcción de un nuevo cuerpo, idéntico al pabellón preexistente que lo prolongaría en 30 m «adosado por el extremo norte del mismo, y separado de él, a efectos de construcción por una junta de dilatación» (figura 12).

En los siguientes años se edificaron varias ampliaciones menores, de índole funcional y con materiales y sistemas dispares, todas anexas al pabellón descrito.

En este periodo se corrobora, una vez más, que los cambios tecnológicos derivados de las decisiones productivas promueven la construcción de nuevos pabellones y que pueden determinar, además de la elección del tipo arquitectónico, los sistemas y materiales a emplear en su construcción.

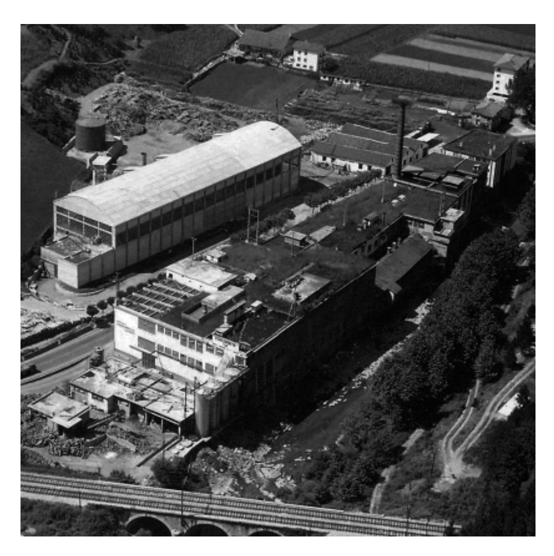


Figura 12
Panorámica del conjunto con el pabellón de cubierta abovedada recién ampliado. Años 60. (AEPE F 544)

1970–2004. Hacia la prevalencia de lo funcional y el olvido de la arquitectura

En los siguientes años, de constante lucha por seguir siendo competitivos, el planteamiento consistió en la continua búsqueda de la optimización máxima tanto en lo productivo como en cuanto a las instalaciones.

Así, las construcciones erigidas en los años 70 y 80 consistían en pabellones, de única nave o compuesta por dos naves anexas, con cubiertas a dos aguas soportadas por cerchas metálicas –que salvaban un ancho de entre 7 y 11 m– y con cerramientos ligeros a base de placas onduladas de fibrocemento y similares.

La tendencia optimizadora resultó evidente con la actuación de 1986 que habiendo consistido en revestir las fachadas del conjunto junto al río con «chapa prelacada en zonas ciegas y chapa translucida en zonas de huecos de luz» ocultó sus características arquitectónicas propias.[20]

Tras unos años sin intervenciones significativas –que coinciden con los años de mayor crisis en la empresa– en los primeros años del nuevo siglo la firma realizó un último intento de salir a flote. Las tentativas de Echezarreta no prosperaron y en 2004 la empresa «Paperalia» –nacida de la unión de la firma legorretarra y la histórica empresa papelera «La Salvadora» de Villabona– promovió las últimas actuaciones de ampliación en el conjunto.

Las construcciones erigidas en estas etapas finales responden a similares características constructivas al tratarse de diáfanos pabellones de más de 21 m de ancho (hasta 31 m) de estructura metálica y cerramientos mixtos (bloques de hormigón en la base y placas metálicas en el resto) (figura 13).

Esta preferencia por la optimización puede hacerse extensiva al panorama industrial guipuzcoano del momento, que vivía un escenario de recesión económica. Asimismo, debe comprenderse que el planteamiento de la fábrica como medio publicitario había sido sustituido por otras técnicas comunicativas y, en consecuencia, pasaba a comprenderse como una «infraestructura puramente utilitaria» (Collantes 2015, 343–345).



Figura 13
Panorámica del conjunto. 2007. (b5m.gipuzkoa.net)

Conclusiones

La definición de las diferentes etapas evolutivas y sus características, tanto desde el punto de vista constructivo y arquitectónico como en lo que al proceso productivo se refiere, ha permitido corroborar que la Fábrica de papel de Echezarreta de Legorreta es un caso representativo de los procesos evolutivos que han experimentado las industrias guipuzcoanas.

Tras más de 100 años acogiendo actividad industrial, es reflejo de las dinámicas y los modos de actuar de las industrias de cada momento. Asimismo, esta fábrica, que ha pasado de un único pabellón a ocupar una superficie superior a 13000 m^2, es muestra de un amplio abanico de sistemas constructivos y tipos arquitectónicos que fueron asumidos por numerosas fábricas de Gipuzkoa, tanto de su propio sector como de otros. Además, la naturaleza empresarial de estas instalaciones conlleva que las intervenciones arquitectónicas deban supeditarse a la premisa de no detener la producción, lo cual da como resultado la convivencia de diversos sistemas constructivos o la herencia de estructuras y trazas preexistentes a las que supeditarse.

Por último, queda patente que la cuestión productiva ejerce de promotora de los constantes cambios arquitectónicos sucedidos en el conjunto y que, en ocasiones, determina sus características tanto tipológicas como constructivas. Este aspecto resulta más evidente en las etapas iniciales cuando los procesos eran más artesanos y los requerimientos de los espacios más estrictos. Así, con el avance tecnológico, las máquinas van asumiendo las diferentes etapas productivas y, en consecuencia, los espacios no deben responder a condicionantes específicos de cada etapa. Sin embargo, la dependencia entre las características espaciales y constructivas y el proceso productivo sigue estando presente en tiempos posteriores, por cuanto las arquitecturas deben responder a las dimensiones y condiciones ambientales (temperaturas, vapores…) derivadas de la propia maquinaria.

Notas

Este trabajo se enmarca en una investigación doctoral desarrollada gracias al Programa Predoctoral de Formación de Personal Investigador No Doctor del Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura del Gobierno Vasco.

1. «Escritura de Cesión otorgada por Benito Jauregui a favor de Juan José Echezarreta de 17 de junio de 1909» (AEPE, Escrituras).
2. «Escritura de manifestación de propiedad por obras nuevas a 25 de julio de 1924» (AEPE, Escrituras).
3. «Escritura … de 1924» *op. cit.*
4. «Escritura de agrupación y nueva descripción de una finca … por Don Juan José Echezarreta y Urquiola a 12 de abril de 1933» (AEPE, Escrituras).
5. «La carpintería de madera fue utilizada comúnmente… desde mediados del siglo XIX, hasta la década de 1920» (Collantes 2015, 103).
6. El ingeniero, tras experimentar con el sistema «Hennebique», erigió con su propia patente un acueducto para la empresa Papelera de Araxes en 1898 y en 1902 construyó nuevas estructuras en la misma fábrica y en la fábrica de Boinas Elósegui, también en Tolosa. (Sagarna 2010, 64–71; 99–100).
7. «Proyecto de refuerzo de la «fachada al río Oria» de 1962 (AEPE sin ref.).
8. «… la estanqueidad se aseguraba gracias a la humedad producida por la lámina de agua, la cual evitaba la retracción y la consecuente creación de microfisuras en el fraguado del hormigón, generándose una superficie totalmente estanca» (Collantes 2015, 101).
9. Proyecto de construcción del pabellón de pasta mecánica y documentación relevante a las obras efectuadas (AEPE 14_03 y 14_04).
10. Ídem.
11. Proyecto de reconstrucción del pabellón incendiado y otras ampliaciones (1951–1953) (AEPE 14_05 y 14_07).
12. Era común que el paramento externo se acabara con esta técnica (Collantes 2015, 107) y en el presupuesto referente a la segunda fase se menciona el «planeo de fachada con tirolesa coloreada». (AEPE 14_07).
13. «Anteproyecto de edificio para oficinas y viviendas» (AEPE 14_09) y más documentación en AGUN FRH.
14. Memoria del proyecto (AGUN FRH).
15. Este edificio está incluido en el registro «La arquitectura de la industria» de la fundación Docomomo y, muestra de ello, presenta la placa que simboliza este reconocimiento.
16. AEPE 14_10 y AML 102.2.
17. Es interesante la aplicación de esta patente para los forjados del edificio de viviendas de la Barceloneta de los arquitectos José Antonio Coderch de Sentmenat y Manuel Valls construido entre 1953 y 1955. (Azpilicueta 2004, 265–268; ap.: 140–169).
18. Testimonios de Mikel Imaz hijo del propietario de la empresa constructora que llevó a cabo las obras y de Juan José Ochoa de Zabalegui.
19. Memoria del proyecto de ampliación del pabellón suscrito por el ingeniero industrial Francisco Ochoa de Zabalegui (AEPE FP 14_10).
20. «Reforma de la fachada de la fábrica de papel y cartón Etxezarreta» (AML 136.47).

Lista de referencias

Apraiz Sahagún, Amaia y Ainara Martínez Matía. 2008. *Arquitectura industrial en Gipuzkoa*. Donostia-San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa. http://www.artxibo-

gipuzkoa.gipuzkoakultura.net/libros-e-liburuak/bekak-becas06.pdf.

Archivo de Empresa de la Papelera Echezarreta [AEPE]. Este archivo se custodia en el Archivo Municipal de Legorreta [AML] [Pendiente de clasificación].

Archivo General de la Universidad de Navarra - «Fondo Redón» [AGUN FRH]. Documentación donada por el propio arquitecto. [Pendiente de clasificación].

Azpilicueta, Enrique. 2004. «*La Construcción de la Arquitectura de Postguerra en España (1939–1962)*». Tesis doctoral. E.T.S. Arquitectura (UPM). http://oa.upm.es/23197/.

Bernabeu Larena, Jorge. 2005 «Precedentes históricos de colaboración entre acero y hormigón en la construcción de puentes». Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid: I. Juan de Herrera, 133–142.

Bireben, Gumersindo. 1948. «La industria papelera en Guipuzcoa». *Revista Financiera del Banco de Vizcaya, Banco de Vizcaya* Octubre, 33–36.

Catalán Vidal, Jordi 1990. «Capitales modestos y dinamismo industrial: orígenes del sistema de fábrica en los valles guipuzcoanos, 1841–1918». En *Pautas regionales de la industrialización española: (siglos XIX–XX),* editado por Jordi Nadal y Albert Carreras i Odriozola, 125–158. Barcelona: Ariel.

Collantes Gabella, Ezekiel. 2015. «*Permanencias transformadas. Arquitectura industrial del Movimiento Moderno en Gipuzkoa (1928–1959) »*. Tesis doctoral. E.T.S. Arquitectura (UPV/EHU). http://hdl.handle.net/10810/15990.

Darley, Gillian. [2003] 2010. *La fábrica como arquitectura*. Barcelona: Editorial Reverté.

Doxanbaratz Otaegi, Beñat. 2002. *Echezarreta: cien años fabricando papel, 1902–2002.* Legorreta*:* Echezarreta S.A.

Herreras Moratinos, Beatriz (coord.). 2012. «Caracterización y valoración del paisaje industrial del curso medio del Oria» en *Inventario de paisajes industriales en el ámbito de la comunidad autónoma del País Vasco*, Vitoria-Gasteiz: Viceconsejera de Cultura, Juventud y Deportes del Gobierno Vasco.

Herreras Moratinos, Beatriz y Zaldua Goena, Josune. 2011. «*Arqueología industrial en Gipuzkoa. Estado de la cuestión*», Donostia-San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa.

Sagarna Maialen. 2010. «*Estudio de la evolución de la arquitectura de Guipúzcoa ligada al desarrollo del hormigón armado»*. Tesis doctoral. E.T.S. Arquitectura (UPV/EHU).

La bóveda de la Puerta de los Leones de la Catedral de Toledo

Jose Carlos Palacios Gonzalo
Marcos Arnanz Ayuso
María Escalada Marco-Gardoqui
Diego Martínez Moreno

La llamada Puerta de los Leones es la última de las puertas en construirse en la catedral de Toledo, para Chueca (1975) esta puerta es el mejor conjunto estatuario hispano-flamenco del siglo XV. Se ejecuta siendo el arzobispo Don Alonso Carrillo de Acuña, a mitad del siglo XV, entre 1452 y 1465, su construcción fue dirigida por el maestro Hanequin de Bruselas. Está documentado que bajo la dirección de Hanequin trabajaron en la puerta un grupo de escultores, unos de origen flamenco y otro de origen español: trabajaron como maestros sus hermanos Egas y Antonio Martínez, su cuñado Alfonso y Pedro Guas (figura 1).

Junto a ellos se menciona a los oficiales Juan y Alfonso, que eran criados de Hanequín; Gonzalo y Pedro Polido, criados de Antonio Martínez; el famosísimo Juan Guas, hijo de Pedro Guas; Antonio, criado de Benito Martínez; Francisco y Antón, que eran criados del Cristóbal Rodríguez que, a su vez, era el aparejador de la obra; Juan, hijo de Juan Sánchez; Francisco, hijo del aparejador Cristóbal; Alfonso de Valderrobro, Francisco de Egas, Alfonso de Mesa, Gutierre de Toledo, Juan Blachar, Juan de Ávila y Juan de Salamanca (Azcárate 1962).

Tal y como conjeturan Azcárate (1962) y Parro[1] (1978) probablemente existió una puerta anterior a la existente en la fachada sur, era la llamada puerta de la Alegría y del Sol, en el mismo sitio donde hoy se erige la Puerta de los Leones. La supuesta puerta inicial se construyó a finales del siglo XIII, ya que en ese siglo se estaba terminando el hastial del crucero y como indica Zarco del Valle Mata[2] (1994) de ella se reutilizaron diversos trabajos escultóricos como la escena de la escena de la Coronación de la Virgen que actualmente se ubica encima de la puerta de Santa Catalina en la parte interior que da a la catedral (Azcárate 1948). Esta escultura parece poco coherente colocada en actual ubicación y parece más lógico que su procedencia sea de portada dedicada a la Virgen, como es la de la fachada sur.

Para Vicente Lampérez[3] (1908) La puerta sigue las mismas pautas que la Puerta del Perdón; aunque sea posterior, se utiliza en su diseño la misma composición que las puertas construidas en la época de apogeo del estilo gótico hispano.

La puerta se reforma en el lado que da al interior de la Catedral en el primer tercio del siglo XVI, como bien indica Marías (1983) construyéndose el Órgano del Emperador, siendo Covarrubias el encargado de la galería del Órgano y Nicolás de Vergara o Diego Alcántara el encargado de las vidrieras del gran rosetón renacentista que corona la fachada.

Entre 1783 y 1785, en época del Cardenal Lorenzana, la puerta tuvo que ser restaurada debido en gran parte a los problemas de deterioro que estaba padeciendo la piedra con la que estaba construida, la restauración fue dirigida por el arquitecto Eugenio López Durango. La reforma esencialmente radicó en la eliminación de la arquivolta exterior, ya que según Mata (1991) hay evidencias de que hubo una cuarta arquivolta, y también la eliminación del gablete que se presume existía y debía de ser extremadamente



Figura 1
Imagen de la Puerta de los Leones e la catedral de Toledo, puede apreciarse la doble bóveda de terceletes con que resuelve el espacio entre la puerta y la arquivolta (foto autores).

apuntado ya que seguiría la línea que le marcaban los arcos. Se construyeron los dos contrafuertes que bordean la puerta, el muro que sube hasta el rosetón y el frontón triangular.

La nueva puerta

No conocemos las razones que motivaron el cambio de la antigua puerta por la que hoy conocemos, tampoco el exacto diseño de la puerta precedente; sin embargo, podemos aventurar algunas hipótesis. Si se prolonga hacia el interior el potente conjunto de arquivoltas todavía existentes, es evidente que el hueco en fachada se reduciría notablemente, hasta el punto en que sólo podría dar cabida a una puerta. Quizás la necesidad de una doble puerta procesional pudo motivar las obras para dotar a este acceso de la catedral de una entrada más acorde con las nuevas necesidades.

La obra, por tanto, requeriría eliminar parte de las arquivoltas interiores para ensanchar el espacio de entrada, esta demolición creaba un área entre la fachada de la catedral y las arquivoltas estrecho y rectangular. El espacio resultante pudiera parecer de medidas caprichosas: 5,85x1,95 m, sin embargo, su medida en pies[4] revela un espacio perfectamente determinado: 7x21 pies, es decir es tres veces más largo que ancho (figura 2B). Para cubrir este espacio, lo más inmediato y sencillo hubiera sido una bóveda de cañón apuntada o quizás, una bóveda de terceletes de cinco claves; aunque, dado lo desproporcionado de la planta, podía llevar terceletes y contra terceletes en la dirección alargada y sencillos terceletes en la dirección más estrecha, es decir una bóveda de siete claves.

Sin embargo, el arquitecto, fiel al espíritu del gótico tardío se ve impulsado a buscar la solución más imaginativa y extraordinaria. El maestro Hannequin de Bruselas se decide por resolver este angosto espacio con una bóveda doble, simétrica y extraordinariamente ingeniosa. Divide en primer lugar el rectángulo de la planta en dos partes y, en cada uno de los lados imagina una bóveda sin diagonales, sólo con terceletes. Para dibujar esta crucería coloca en el centro de cada rectángulo un pequeño círculo de un pie de diámetro y desde los vértices del rectángulo traza líneas tangentes hacia este círculo central, al cruzarse, estas líneas forman un pequeño rombo que sirve para resolver el cruce de todos los terceletes. Basta con duplicar este dibujo para obtener le dibujo en planta de toda la bóveda: una bóveda de terceletes que se enlazan en un rombo central. El cruce de los terceletes se lleva a cabo por «cruceros», es decir, sin clave cilíndrica de enlace entre las nervaduras (figura 2A).

Sin embargo, lo más extraordinario de esta bóveda se revela al contemplar su volumetría. La bóveda que acabamos de dibujar se forma con ocho parejas de terceletes que necesitan seis puntos de arranque. Los terceletes de fachada requieren tres puntos de arranque, dos de ellos situados en los vértices y uno central, en el parteluz de la nueva puerta. Por otra parte,

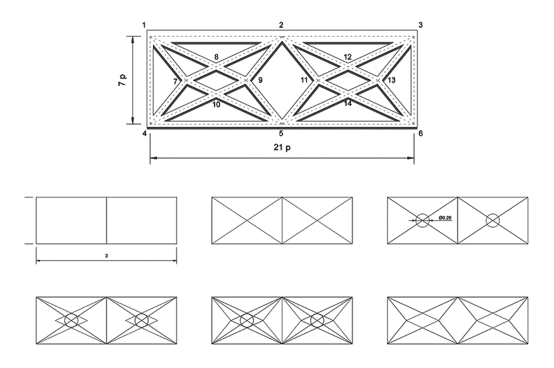


Figura 2
Trazado geométrico de la bóveda, A; planta de la misma con su diseño de terceletes y medida en pies castellanos, B (dibujo autores).

los terceletes de la arquivolta: requieren otros tres puntos de arranque, dos en los extremos y uno en la clave central de la arquivolta. Todos los puntos de arranque de la bóveda parten del mismo plano horizontal, salvo el de la arquivolta que está en la clave superior de la misma. Por otra parte, los terceletes se cruzan en el rombo central que es un elemento geométrico horizontal situado a media altura entre el plano inferior de la bóveda y la clave de la arquivolta. Es posible ahora imaginar la volumetría de la bóveda: las parejas de terceletes arrancan desde cinco puntos, se elevan y confluyen en los dos rombos horizontales y, desde este punto, dos parejas de terceletes se elevan aún más hasta alcanzar la clave central de la arquivolta. La imagen de esta portentosa bóveda la podemos contemplar en la figura 3. La bóveda por tanto tiene cinco jarjas de arranque, tiene un descansillo de enlace de terceltes y continúa hacia arriba con dos parejas de terceletes hasta alcanzar la clave superior de la arquivolta.

Determinar la altura de todas las claves pudo llevarse a cabo gracias a una restitución fotogramétrica que permitieron obtener con precisión la volumetría de la bóveda[5]. Uno de los datos más interesantes fue, sin lugar a dudas, determinar la altura de la clave central de la arquivolta que resultó estar a 40 pies desde el plano de imposta, resultado de la traza de la misma: un perfecto triángulo equilátero. Otro dato fundamental fue determinar la altura de los rombos donde se encuentran los terceletes: 37,10 pies, por tanto, casi tres pies por debajo de la clave central de la arquivolta. Con estos datos era ya posible establecer alguna hipótesis que permitiera explicar la construcción de la misma

Comencemos dibujando en alzado el gran triángulo equilátero de la arquivolta. A continuación, dibujemos los arcos formeros de fachada situados encima de las puertas, inmediatamente se observa (figura 4) que la curvatura de estos arcos es idéntica a la de la arquivolta. Esta coincidencia nos hace pensar que quizás esta bóveda pudo estar diseñada siguiendo los principios de estandarización presentes en casi todas las estructuras góticas: por complejas que sean, toda la bóveda se construye con una sola curvatura; es decir, todos sus arcos son iguales.

Veamos que sucede con los arcos formeros perpendiculares a la fachada. Son arcos extraordinariamente agudos ya que tienen siete pies en planta y alcanzan la misma altura que los anteriores: 28,5 pies. Al observar atentamente sus arranques se observa que estos arcos parten sobre un tramo vertical, es decir, que están peraltados en su base; pues bien, si ese peralte fuera de 4,9 pies, lo cual es muy verosímil,

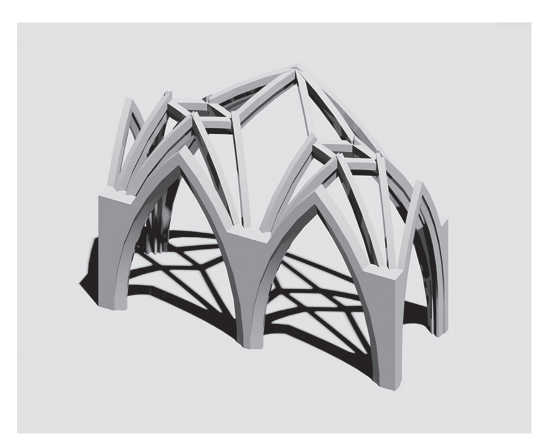


Figura 3
Reconstrucción tridimensional de la puerta de los Leones, mostrando el intrincado encuentro de terceletes en los rombos centrales (dibujo autores).

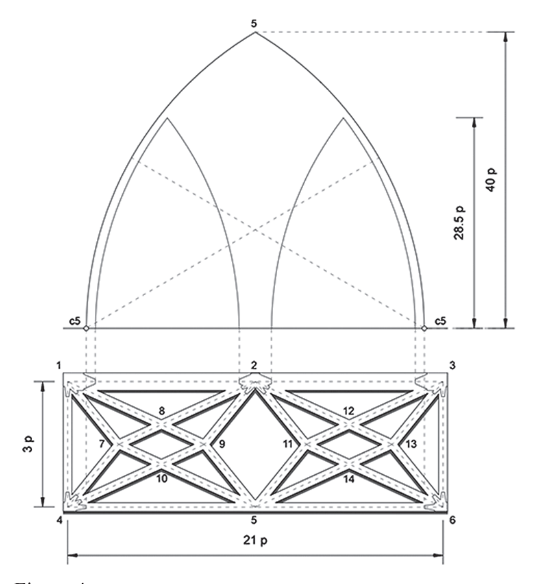


Figura 4
Traza vertical de la bóveda: el mismo arco que forma las arquivoltas se usa para trazar la pareja de formeros de fachada (dibujo autores).

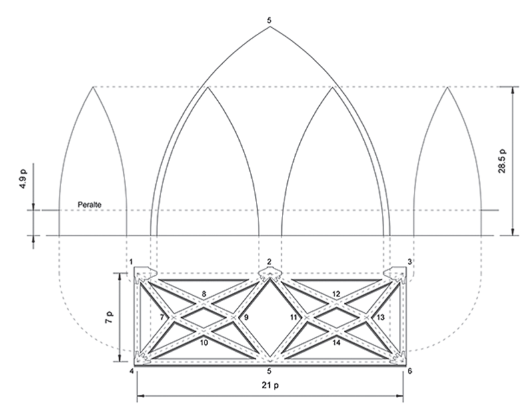


Figura 5
De nuevo, con el mismo arco, se trazan los formeros perpendiculares a la fachada, basta con peraltarlo convenientemente en su base (dibujo autores).

este arco formero tendría igual curvatura que los anteriores (figura 5).

Por tanto, todos los arcos formeros tienen la misma curvatura que es la misma que la de la arquivolta; veamos que sucede con los terceletes. Al dibujar éstos desde su punto de salida hasta la altura en el rombo central (figura 6), de nuevo descubrimos que, peraltándolos convenientemente, todos los terceletes podrían ser idénticos entre sí e iguales a los formeros; es decir, toda la bóveda podría llevarse a cabo con una sola curvatura. Por tanto, el método empleado para lograrlo, ha sido el de ir peraltando los arcos hasta alcanzar las alturas que se había definido previamente y, la curvatura con la que se ha logrado construir esta moderna bóveda, es la de la arquivolta, una estructura preexistente del siglo XIII.

Conocíamos algunos métodos usados por los maestros góticos para estandarizar las curvaturas de sus bóvedas[6]; sin embargo, esta bóveda pone de relieve un método que hasta el momento no se había identificado con claridad: los peraltes. Simplemente elevando convenientemente el mismo arco puede llegar a construirse la totalidad de la bóveda. La figura 7 muestra la impresión digital realizada de la bóveda a partir de los datos descritos anteriormente, la maqueta permite comprender con total exactitud los intrincados puntos de encuentro de los arcos entre sí.

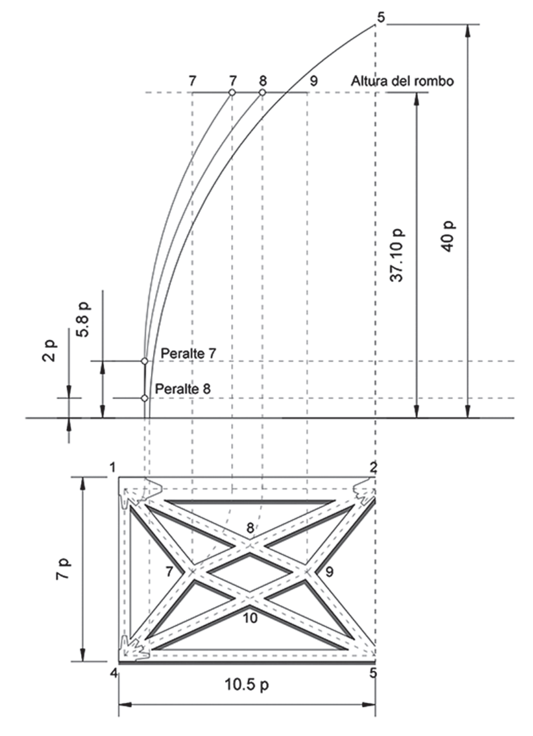


Figura 6
Una vez más, el mismo arco, el que forma la arquivolta, sirve para dar forma a los terceletes, basta con peraltarlos para



Figura 7
Reconstrucción volumétrica de la bóveda mediante impresión digital, modelo importante para comprender los difíciles encuentros entre los arcos (dibujo autores).

La construcción de la bóveda

Desde hace algunos años, en la Escuela de Arquitectura de Madrid se lleva a cabo una experiencia pedagógica única; se trata de una aproximación diferente a la historiografía habitual. Parte del reconocimiento de que la historia de la construcción es una fuente de conocimiento primordial e insoslayable en el análisis de la Arquitectura histórica. Los métodos de análisis cronológicos, históricos, comparativos, estilísticos, etc., aunque imprescindibles, se revelan hoy día insuficientes para comprender la arquitectura del pasado. Si no se toma en consideración la compresión de las técnicas constructivas que hicieron posible aquellos edificios, las conclusiones que se alcancen han de ser por fuerza insuficientes y faltas de su razón fundamental. Además, en el Taller de Construcción Gótica del Master MUCTEH en la mencionada Escuela, se lleva a cabo un método empírico de conocimiento de las estructuras medievales basado en la construcción de las mismas para extraer de este proceso la certeza de la hipótesis y multitud de detalles más que de otra forma escaparían al conocimiento[7].

Es en este contexto en el que se procede a la construcción de un modelo a escala de la bóveda de la Puerta de los Leones. El modelo va a tener unas dimensiones de 1x3 m. por tanto, a una escala aproximada de 1:2. El proceso empieza con un dibujo a escala natural de la bóveda, en planta y en alzado: la montea; de este gran dibujo se extraerán todos los datos y medidas necesarios para la construcción de la bóveda. Conocido ya que todos los arcos tienen la misma curvatura que las arcadas de las arquivoltas, se puede dibujar y cortarse el baivel que permitirá tallar todas las dovelas idénticas. Sobre una chapa de latón o de cobre, los antiguos maestros de cantería confeccionarían el baivel, esta herramienta fundamental en cantería consistente en una escuadra de dos brazos, uno de ellos curvo, con la curvatura del intradós del arco y el otro brazo recto apuntando hacia el centro geométrico del arco. Con esta pequeña escuadra se procederá a labrar las dovelas, todas ellas igualmente curvadas y con sus caras de testa ligeramente inclinadas convergentes hacia el centro del arco (figura 8).

La segunda tarea que requiere la construcción de una bóveda de crucería es la labra de su jarjamento. Sabemos que las bóvedas de crucería comienzan con una serie de sillares horizontales, firmemente encastrados en los muros, que van avanzando en el vacío hasta alcanzar la altura en la que el racimo de nervios que lo forma se separa y, cada nervio, se hace independiente. Las jarjas son unas piezas imponentes que pueden alcanzar más de la mitad de la altura de la bóveda (figura 9). La labra de cada uno de estos sillares requiere conocer la sección horizontal de la bóveda en cada uno de los niveles de la jarja, con estas secciones se confeccionan una serie de plantillas, tantas como sillares compongan la jarja. A continuación, se procederá a la labra de cada sillar colocando la plantilla superior e inferior en las caras opuesta se un bloque de piedra; una vez dibujadas ambas siluetas en el sillar, se procede al enlace de ambos dibujos mediante la labra (figura 10). La confección de las plantillas de jarja es una delicada operación geométrica que requiere, en primer lugar, un exacto dibujo en alzado de la bóveda, requiere también saber abatir todos los arcos que confluyen en la jarja, superponiéndolos unos sobre otros. Este dibujo se fracciona en planos horizontales y, como si fueran curvas de nivel, en la planta, se van dibujando las siluetas que resultantes. Una operación de este tipo requiere un conocimiento y dominio de la traza geométrica absolutamente insospechado en aquellas épocas.

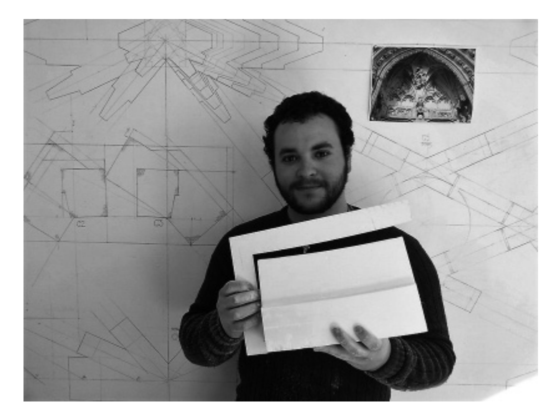


Figura 8
La estandarización de todos los arcos de esta bóveda permite que todas las dovelas sean iguales labrada con un único baivel (foto autores).

Por último, se procede a la labra de las claves. Esta es sin lugar a dudas la labor más delicada de todas las que constituyen la construcción de la bóveda. Antes de llevar a cabo esta tarea, cada clave ha de dibujarse en primer lugar en planta y alzado con total



Figura 9
Las jarjas de esta bóveda alcanzan una altura superior a la mitad de su altura (foto autores).

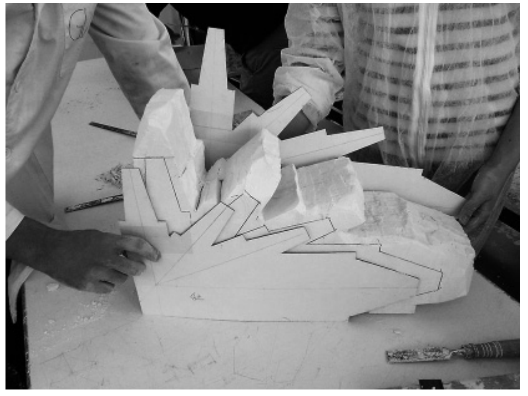


Figura 10
Cada nivel horizontal de las jarjas se obtiene con las plantillas inferior y superior (foto autores).

precisión. Posteriormente, el dibujo en planta se calca y se redibuja sobre la cara superior de un bloque de piedra; llega a ahora la parte más delicada: cortar los brazos con la exacta inclinación. La intrincada forma de esta clave se pone de manifiesto en sus secciones (figura 11). Son claves de cuatro brazos de los cuales, los dos que van a formar el rombo parten horizontales y, sin embargo, los otros dos, uno parte con un fuerte pendiente hacia abajo y el otro hacia arriba. Para proceder al exacto corte de los brazos se ha de partir del dibujo en alzado de la misma, es un dibujo en que la clave se ve con todos sus brazos abatidos. Como puede verse en la figura 11, la clave se ha inscrito en un rectángulo que sería su sólido capaz. La labra se efectuaría «por robos» quitando la piedra sobrante que queda entre la clave y su sólido capaz, las medidas de la piedra a robar se pueden tomar directamente de éste dibujo.

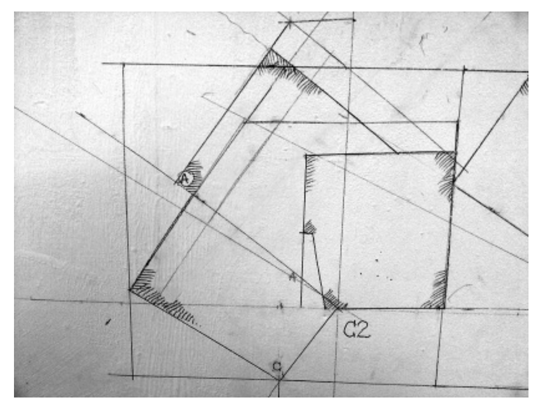


Figura 11
Alzado de una de las claves con todos sus brazos abatidos en el plano de dibujo, inscrita en un rectángulo como sólido capaz (foto autores).

El método de labra propuesto anteriormente difiere del empleado en otras ocasiones en este taller, método que podríamos llamar del «plano de referencia»; este método, descrito por Robert Willis[8] habría sido utilizado para la labra de las claves en Inglaterra. El método consiste en conservar siempre el plano superior del sólido capaz de la clave y desde él tomar las medidas de los ángulos con que deben cortarse los brazos de las claves (figura 12). Sin embargo, en este caso, en que uno de los brazos sale hacia arriba por encima de la propia clave, hace inadecuado conservar el plano de referencia superior de la clave, ya que, conservarlo, habría producido una clave voluminosa y de enorme peso.

Con la mayor parte de las dovelas ya talladas, las jarjas y claves terminadas, la bóveda puede ya empezar a montarse. Previamente, requiere una importante obra de carpintería: las cimbras. Conocemos por Rodrigo Gil, como debían ser esas cimbras; en primer lugar, se requería una plataforma horizontal de trabajo que por regla general se situaba en el plano supe-



Figura 12
Una de las claves ya labrada por el método de los «robos» a partir del sólido capaz (foto autores).

rior de la jarjas. Como en ésta bóveda, las jarjas alcanzan una altura muy considerable, la cimbra propiamente dicha queda ya muy reducida; sobre esta plataforma, se redibujaba de nuevo la planta de la bóveda para localizar el punto exacto en que se sitúan las claves, en estos puntos se colocaban pies derechos con la altura exacta de cada clave, luego se colocaban las claves en su posición en lo alto de los pies derechos, contradiciendo así la creencia común de que las claves es la última pieza que se coloca en la bóveda. Solo cuando éstas están perfectamente colocadas se procede a construir los arcos que las enlazan entre sí (figura 13).



Figura 13
Montaje de los arcos terceletes de la bóveda (foto autores).

Conclusiones

La bóveda ya construida revela su extraordinaria belleza. El maestro Hanequin podría haber optado por una bóveda más sencilla, pero el exigente espíritu con que los maestros tardogóticos se enfrentaban a su trabajo le llevó a buscar la más ingeniosa y extraordinaria de las soluciones. Sin embargo, la buscada complejidad de esta bóveda, en ningún momento deja de lado la técnica que le ha permitido construirla con la mayor sencillez posible (figuras 14 y 15). Esta es la grandeza de este gótico final, que lejos de ser la última fase de un estilo que se extingue, es el mo-



Figura 14
La interesante estructura de terceletes de la bóveda (foto autores).



Figura 15
Fachada de la bóveda sobre su cimbra mostrando la gran arcada de las arquivoltas (foto autores).

mento en que el gótico, superado ya el simple cruce de ojiva, alcanza los niveles máximos de belleza e ingenio constructivo.

Como resumen, la construcción de esta bóveda ha puesto de relieve dos técnicas constructivas que hasta ahora habían pasado desapercibidas. En primer lugar, la estandarización de curvaturas usando únicamente los adecuados peraltes en la base de los arcos y, en segundo lugar, la talla de claves a partir del sólido capaz en lugar de usar el plano de referencia.

Notas

Este trabajo es parte del proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento», financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (BIA2013-46896-P).

1. Parro, Sixto Ramón, 1857. *Toledo en la mano.* Toledo. reed. 1978. Toledo.
2. Zarco del Valle Mata 1916. *Datos documentales para la historia del arte español. II. Documentos de la catedral de Toledo.* Madrid.
3. Lampérez y Romea, Vicente. 1999. *Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media.* Ámbito Ediciones, S.A.
4. La medida del pie castellano: 0,2786 m. véase Merino de Cáceres, José Miguel. 1994. *Metrología y simetría en las catedrales de Castilla y León.* Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa.
5. La fotogrametría, realizada con PhotScan, fue llevada a cabo por el profesor Rafael Martín Talaverano.
6. Palacios Gonzalo, Jose Carlos. Martín Talaverano, Rafael .2012. *Complejidad y estandarización en las bóvedas tardogóticas.* Anales de la historia del arte. Número especial val. 22. El siglo XV hispano y la diversidad de las artes.
7. El taller de Construcción Gótica del Máster MUCTEH es posible gracias a Diego Martínez Moreno, alumno de la ETSAM con beca de ayuda al profesorado.
8. Para la labra de claves a partir del «plano de referencia» veas Robert Willis, op cit. También, para la aplicación de este método en Rabasa Díaz, Enrique. 2005. *Construcción de una bóveda de crucería en el centro de oficios de León.* Actas del cuarto Congreso de Historia de la Construcción, vol II. Cádiz: Instituto Juan de Herrera.

Listado de referencias

Alonso Ruiz, B. 2003. *Arquitectura tardogótica en Castilla: los Rasines.* Universidad de Cantabria. Santander.

Azcárate Ristori J.M. 1948. *El maestro Hanequin de Bruselas*. Archivo español de Arte. Madrid. XXI.

Azcárate Ristori J.M. 1962. *Análisis estilístico de las formas arquitectónicas de la Puerta de los Leones de la catedral de Toledo.* Homenaje a Cayetano Mergelina. Madrid

Chueca Goitia, Fernando 1975. *La catedral de Toledo.* León: Everest.

Marías, Fernando 1983. *La Arquitectura del Renacimiento en Toledo.* Ed. CDIC

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval, la construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Lería.

Palacios, Jose Carlos. En colaboración con: Rafael Martín Talaverano, Sandra Cynthia Bravo Guerrero, Rocío Maira, David Rodriguez Cobos, Soraya Genin, Diego Martínez Moreno. 2015: *Taller de construcción gótica, Workshop on Building Gothic Methods*. Editorial Munilla-Lería. Madrid

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y Construcción en piedra, de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal.

Torres Balbás, Leopoldo 1952. *Ars Hispaniae. Arquitectura gótica.* Ed. Plus Ultra

Willis, Robert. 1842. *On the construction of the Vaults of the Middle Ages*. London. (reedición: Transactions of the RIBA, Longman, Brown, Green and Longmans. 1910. Reed. Instituto Juan de Herrera, Escuela TS de Arquitectura, Madrid, 2012

Canteros vascos en la catedral de Almería

Antonio Palenzuela Navarro

La ciudad de Almería posee uno de los conjuntos catedralicios más singulares de la Península Ibérica. Los inicios de la construcción de la catedral se remontan al año 1.525 bajo el reinado del emperador Carlos V. Abierto al culto hacia el 1.556, las obras proseguirán ocupando a varias generaciones, que se refleja en las distintas aportaciones que realizarán sus promotores y maestros de obras. Su principal valedor será su primer promotor el obispo fray Diego Fernández de Villalán (1.523–1.556).

Se desconoce la autoría, ya que actualmente no se han encontrado ni las trazas, ni el autor. Si sabemos que el maestro mayor de las obras fue Juan Gómez, quien trabajará con una mayoría de canteros que son cristianos viejos de origen vasco, no encontrándose en la documentación ningún alarife morisco. Así que canteros vascos como Juan de Aldana, Martín de Beizama, Joanes de Agorreta, junto a ayudantes también vascos, formarán un gran equipo de trabajo muy especializado, con gran conocimiento de la estereotomía de la piedra, y de experiencia acreditada que desarrollarán un trabajo de cantería con la doble funcionalidad defensiva y religiosa que ostenta la Catedral almeriense.

Mediante la presente comunicación se persigue profundizar en un mayor conocimiento de los maestros canteros vascos que realizaron esta obra, que soluciones tecnológicas pudieron introducir en el desempeño de su tarea y que relación mantienen con otros grupos de canteros vascos que desarrollaron trabajos dentro de la zona sureste de la Península Ibérica en el S.XVI, especialmente en la construcción de edificios religiosos-defensivos.

La presente investigación está basada en la prospección bibliográfica, que ha recogido los testimonios más relevantes de la construcción de la Catedral de Almería. Para ello se ha consultando los protocolos notariales del Archivo Histórico Provincial de Almería, el Archivo de Simancas, y el Archivo Catedralicio de Almería.

Antecedentes Históricos

Entre los siglos XVI y XVII sucederán distintas sublevaciones moriscas que crearán un mapa de inestabilidad, especialmente en el sureste y levante español. La piratería será ayudada desde poblaciones interiores cercanas a la costa por los rebeldes moriscos. Para la cristianización del antiguo reino musulmán, se llevarán a cabo distintas acciones como las Bulas de Erección de las Iglesias del Arzobispado de Granada en 1501, y en 1505 a través de las diócesis de Almería, Málaga y Guadix (Martín 2012, 714).

Éste será el instrumento que posibilitará la aparición en el Reino de Granada de iglesias con características defensivas que desembocarán en algunos casos en una nueva tipología de iglesias fortificadas o iglesias-fortaleza. Uno de los primeros ejemplos de este tipo de construcciones se iniciará con la Iglesia Mayor de Nuestra Señora de la Encarnación en Motril, Granada, tras la conquista de la vi-

lla por los Reyes Católicos en 1489, y que será un claro antecedente de la Catedral almeriense.

Esta inseguridad existente a lo largo de todo el S. XVI en las costas mediterráneas españolas va a ser más acusada en el litoral almeriense donde sucederán desembarcos piratas turcos-berberiscos y ataques de rebeldes moros granadinos, que se habían marchado a las costas africanas tras la conquista cristiana del Reino de Granada y que ahora eran ayudados por los moriscos de las poblaciones interiores de Almería, que estaban cercanas y bien comunicadas con la costa (Muñoz 1997, 639). Esta situación provocará un escenario de continuas revueltas de los moriscos que iniciarán su primera sublevación en el 1500, y una de sus puertas de entrada será la Sierra de Cabo de Gata debido a su larga proyección en el mar, la abrupta orografía y la gran cantidad de calas y recovecos que se convertirían en embarcaderos para el tráfico marítimo de cabotaje, especialmente para el corso turco-berberisco (Muñoz 1997, 639).

Con la conquista del antiguo Reino de Granada, todos sus territorios se van a ir cristianizando, existiendo un periodo de tránsito en el cual las mezquitas se van a adaptar al culto cristiano, siendo el 1505 la fecha de la Bula de Erección de las Iglesias del Arzobispado de Granada, cuando se procederá a la construcción de la nuevas iglesias (Martín 2012, 714), las cuales tendrán que dar cabida a las poblaciones temerosas de la inseguridad existente en la costa mediterránea y a los clérigos y religiosos del obispado como señalan los testimonios de la época como el siguiente que aportamos procedente de un Acta del Cabildo Catedralicio de Almería del 20-IX-1508 (Cara et al. 2007, 94).

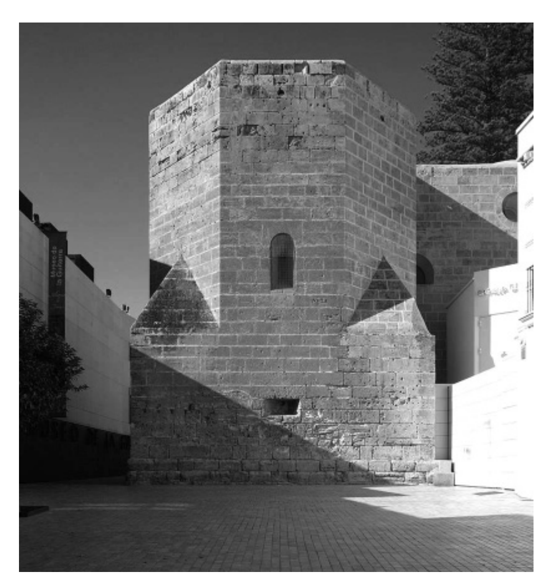


Figura 1
Fotografía del bastión defensivo Sur de la Catedral de Almería. (Palenzuela, 2014)

Este hecho influirá en la determinación de la construcción de la Catedral de Almería al igual que la mayoría de casos de iglesias construidas para la defensa, emplazadas en los núcleos de población más cercanos a la costa en el siglo XVI, edificadas no sólo para el culto, sino también con una clara intención defensiva de su población, como se documenta en las inspecciones realizadas por el visitador de fortalezas del reino en los años 1509, 1519, 1534 y 1543 (Jiménez 2006, 60) (figura 1).

Los inicios de la catedral de Almería. La construcción de una Iglesia de Salón

Tras la reconquista de Almería por los Reyes Católicos dentro de este marco histórico descrito de continuos ataques berberiscos y de defensa del territorio tiene lugar la fundación de la Catedral de Almería que se inicia con su construcción el cuatro de Octubre de 1524, coincidiendo con el día del Seráfico Padre San Francisco (Álvarez 1936, 111), que sustituirá a la antigua Catedral-Mezquita que estaba situada en el barrio de la Almedina y que tras el gran terremoto del veintidós de Septiembre de 1522 quedó sepultada en ruinas (Sánchez 2008, 350). Aunque probablemente las obras se hubieran empezado antes ya que fueron paralizadas por las quejas transmitidas por los vecinos del barrio de la Almedina al Emperador Carlos V, que en el doce de Marzo de 1524 mandaba a parar las obras mediante una real cédula (López 1999, 193).

El gran valedor de su fundación será el franciscano Fray Diego Fernández de Villalán[1], que nombrado obispo de la diócesis de Almería el 17 de julio de 1523, y quién formaba parte de los colaboradores más directos del cardenal Cisneros, con quien estuvo hasta su muerte (López 1999, 191). Fue el primer obispo en residir en Almería y tras tomar posesión de su puesto se encontró con una diócesis con muchos

problemas, especialmente con una catedral derruida por los efectos del terremoto. Así que la primera decisión del obispo sería cumplir con el mandato de Roma de construir una nueva Catedral «cum reservatione medietatis fructuum pro recuperatione ecclesiae» (López 1999, 193). Su segunda decisión será levantar una nueva Catedral en un nuevo emplazamiento alejado de la antigua Mezquita-Catedral, en el barrio extramuros de la Musalla.

Será fundamental por tanto su papel de patrocinador de la idea de fortificar la nueva Catedral así como de su nuevo emplazamiento, ante la continua resistencia de los vecinos de la Almedina, como se mencionaba anteriormente, de la Capitanía General del Reino de Granada o del marqués de los Vélez, como atestigua su informe de 1525, «el templo de Dios ha de ser para rezar y no cueva de ladrones o fortaleza para pelear contra los moros» (Cara et al. 2007, 93). Gracias a la exacta planificación del Obispo Villalán y a su obstinado empeño pastoral consiguió poner en marcha esta obra a pesar del rechazo de gran parte de la población almeriense y de un sector poderoso de la región, cuya resistencia no obtuvo sus frutos ya que tras la orden del emperador Carlos V, contenida en una Real Cédula de diecisiete de Marzo de 1525, se dará definitivamente forma de fortaleza a la futura Catedral (Espinosa et al. 2006, 65).

La nueva Catedral se situará en una zona llana del arrabal de la Musalla, a unos escasos 300 metros del puerto de mar y a unos 17 metros de altitud. Con esta nueva ubicación obligaba aún más la necesidad de fortificación de la nueva construcción, ya que generaba un nuevo replanteamiento de las defensas de la ciudad que ya no defendían sólo el anillo perimetral de muralla entorno al barrio de la Almedina y la Alcazaba, sino que ahora se debía fortalecer la ciudad por la zona de Levante con una nueva muralla siendo una operación más costosa (Tapia 1990, 193). No obstante, con esta maniobra se aseguraba la expansión urbanística de la ciudad de Almería, además de dotar a la ciudad de otro importante bastión de defensa.

La planta de la Catedral se desarrollaría en un recinto rectangular casi cuadrado de 80 metros por 81 metros, compuesta de dos partes diferenciadas, por un lado a Norte se ubica la planta de tres naves de igual altura, conocida como planta de salón o *halleskirche*, orientada en el eje Oeste-Este, quedando la cabecera de planta poligonal hacia Este, y en la parte Sur se localizaba el patio de armas flanqueado por sólidas murallas, con un lienzo sur ataluzado que albergaban en sus esquinas Sureste y Suroeste, cubos de defensa con troneras. La torre del campanario y las capillas ubicadas en el ábside también se configurarían como cubos de defensa, componiendo en conjunto una fortaleza en toda regla[2].

Esta disposición de la planta de igual altura ayudaba a la construcción de una cubierta plana para el mejor movimiento de defensa en caso de ataques, la cual venía precedida por un patio de armas que posteriormente terminaría convirtiéndose en el actual claustro neoclásico realizado por Juan Antonio de Munar en el S. XVIII (figura 2).

A día de hoy, se sigue desconociendo el autor de las trazas[3] de la Catedral de Almería barajándose hasta el momento a Enrique Egas, Diego de Siloé (Álvarez 1936, 106) o algún discípulo de Rodrigo Gil de Hontañón, las cuales se muestran como uno de los últimos ejemplos de la arquitectura gótica en la península ibérica en un momento que la influencia del gusto *romano* del renacimiento penetra con fuerza en la corte hispánica con figuras de la talla del mencionado Diego de Siloé o Alonso de Covarrubias.

No obstante, lo que sí se puede constatar es que los trabajos se iniciaron bajo la dirección del cantero Juan Gómez de Carmona, quién actuó como maestro mayor de las obras durante los primeros años y bajo unas trazas que el Obispo Villalán envió a Carlos V en 1533 y de la cual acusaba recibo el 5 de diciembre del mismo 1533, (López 1999, 196) quien sería rápidamente sustituido por Juan de Orea como maestro

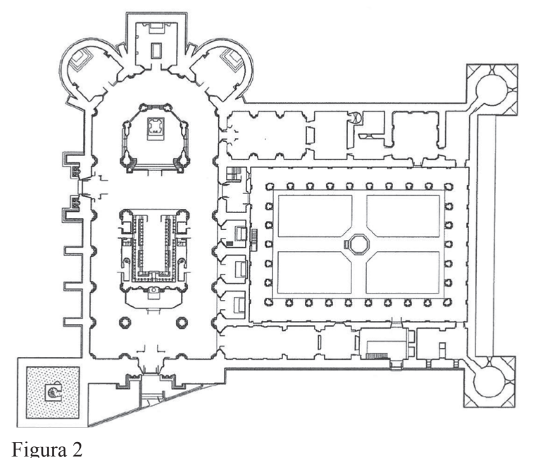


Figura 2
Planta de la Catedral de Almería (Ramón de Torres, 2004).

de las obras, que según Cabrillana lo fecha en Enero de 1529 en base a una información obtenida en los Protocolos Notariales del Archivo Histórico Provincial de Almería (Cabrillana 1982, 40).

Desde este momento la catedral adoptará una serie de aportaciones realizadas por Juan de Orea de indudable valor artístico pero que entrarán más en el terreno de lo decorativo, obviando por completo la disposición de su planta y su componente militar y defensiva que ya estaba casi totalmente desarrollada antes de ser nombrado maestro de las obras. A partir de este momento el proyecto defensivo no se desarrollará y todas las posteriores reformas no tratarán sobre la fortificación de la iglesia.

Independientemente de la autoría clara y concisa de las primeras trazas de su planta, también habría que destacar la labor de los canteros y maestros de obras de origen vasco que trabajaron en la Catedral. Hay que recordar que la Catedral de Almería se enclava dentro del *tardogótico* y desarrolla una tipología muy característica de este periodo de transición artístico-arquitectónico donde resalta su planta de salón o *hallenkirche*, por otra parte muy utilizado en las iglesias columnarias de Vizcaya y Guipuzcoa.

Cabe destacar que la construcción de las iglesias de salón o hallenkirche y su origen se remontan a los templos románicos del S.XII del Poitou francés y de las iglesias alemanas del S.XV del Bajo Rin y Westfalia, cuyo modelo arraigó posteriormente de una manera muy certera en la cultura constructiva del País Vasco (Castañer 2003, 58) (figura 3).

De modo que la Catedral presentará las características de la que hacen gala estas obra desarrolladas por ilustres canteros vascos de los cuales a continuación comentaremos los hallazgos documentales encontrados, es decir, un exterior horizontal, de aspecto prismático con ausencia de escalonamientos y muros rectos, que presentan como único accidentes sus cabeceras y los contrafuertes que señalan los tramos (Castañer 2003, 58).

Canteros vascos y montañeses en la catedral de Almería

Para conseguir que la Catedral de Almería adoptara una estructura fortificada era necesario el empleo de técnicas y materiales que consiguieran ese fin, y que mejor que la cantería de piedra para dotar una mayor solidez a sus fábricas. Este hecho probablemente influyó de algún modo en la elección de canteros vascos y montañeses para sus trabajos, ya que al tener que construir dichas fábricas de piedra, estos trabajadores del norte peninsular aseguraban sin lugar a duda una gran pericia técnica y una cualificada especialización[4]. Autores como Cabrillana resaltan este hecho de manera sorpresiva: « No deja de ser curioso el hecho de que habiendo en Almería alarifes moriscos y cristianos viejos sean precisamente vascos los que realizaban la obra de la Catedral. Posiblemente se trata de especialistas ambulantes, que al tener noticias de una construcción importante acudían a ofrecer su trabajo…» (Cabrillana 1982, 40).

Su acreditada experiencia quedaría demostrada en la expansión de estos canteros vascos a lo largo de la península ibérica, especialmente en los Siglos XVI y XVII. Desde finales de la Edad Media hasta principios del Renacimiento, dentro de lo que se ha deno-

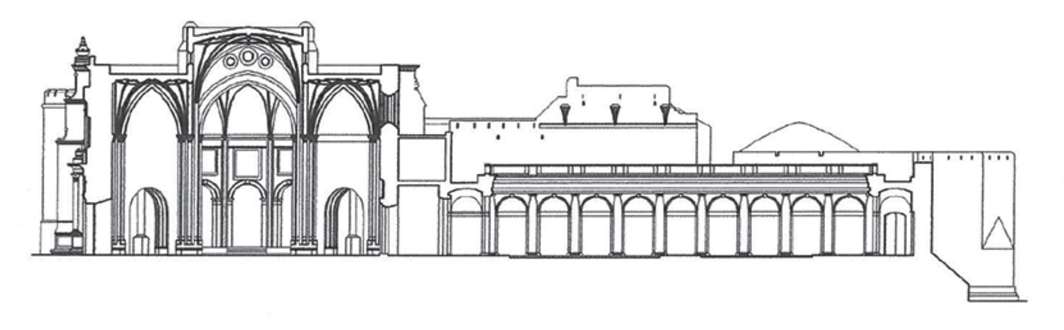


Figura 3
Sección de la Catedral de Almería tipo *hallenkirche* (Ramón de Torres, 2004).

minado como *tardogótico,* son mayoría los canteros de origen vasco los que trabajan en la construcción de iglesias y así será igualmente los que trabajaron en la Catedral, que eran mayoritariamente vascos o vizcaínos según las crónicas de la época y que así se reflejaban en los escritos y demás registros:

> Arrendamiento de Tomás de Palenzuela a Alonso de Urquina, vizcaíno cantero, morador en Almería, una casa enfrente de la iglesia mayor que linda con otra casa que era de Alonso de Palenzuela, mi padre, donde está la bodega y linda con Bartolomé García barbero y la calle en 2 reales y medio… (AHPA; P-43, fol. 12).

También a continuación se exponen algunos nombres que se han recogido que contienen apellidos toponímicos que aluden claramente a sus localidades de procedencia: Martín de Beizama, Juanes de Agorreta, Juan de Azpeitia, Martín de Tolosa... Todos ellos serían probablemente guipuzcoanos, de entornos cercanos a los montes Ernio o Aitzgorri donde se formaban dentro de familias que desempeñaban el oficio de cantero y se especializaban en el corte y trazado de la piedra en bóvedas (Castañer 2003, 57).

Mayoritariamente los canteros documentados en los trabajos de la Catedral, contienen apellidos enlazados a tierras guipuzcoanas lo que coincide con las rutas de trabajo de estos trabajadores que desarrollaba su actividad dentro de sus diócesis y en la proyección natural geográfica de la misma, de modo que los vizcaínos que dependían de Calahorra-La Calzada se extendieron hacia Castilla y Andalucía, y los guipuzcoanos a través de la diócesis de Pamplona se extendieron hacia Aragón, Levante y costa mediterránea (Castañer 2003, 57).

En palabras de Cabrillana según la traducción que realiza de los Protocolos Notariales dice:

> Los nombre de Juan de Aldana, Martín de Beizama, Juanes de Agorreta… eran contratados como oficiales de cantería, y a su vez contrataban a otros ayudantes también vascos, formando una auténtica masonería, sin mezclarse con la población almeriense… (Cabrillana 1982, 40).

Esta cita viene a señalar el funcionamiento de la actividad de los canteros que confirma la organización cuasi-gremial de estos grupos que en ausencia de ordenanzas propias para la realización de sus trabajos refuerzan el sentido de grupo y un fuerte compañerismo (Castro 2002, 44–45), como se puede comprobar en el siguiente Protocolo Notarial:

> En la noble ciudad de Almería a ocho días del mes de septiembre de 1528 años, en presencia de mi Alonso de Palenzuela, escribano público y testigos de sus escritos, Juan de Azpeitia, cantero vizcaíno, asentó con Martín de Tolosa por tiempo de un año cumplido primero siguiente y se obligó de trabajar en la obra de esta iglesia, de su oficio de cantero en lo que le mandara el dicho Martín de Tolosa. El dicho Juan de Azpeitia lo recibió y a darle de comer y beber y que le laven su ropa y posada y un ducado por cada un mes de salario y no le ha de mandar otra cosa sino trabajar en su oficio y obligándose de tener al dicho Juan de Azpeitia de no apartarse de este concierto, y dio poder al dicho Martín de Tolosa para que le cobre los jornales y a los dos se obligaron de cumplir esta carta y concierto so pena de cada diez mil maravedís para la parte obediente, obligaron sus personas y bienes y dieron poder a las justicias que las ejecuten y cumplan … así cumplir y pagar como si por sentencia definitiva de juez competente así fuesen condenados, … de lo cual otorgaron de estas dos cartas en un tiempo para cada parte la suya. Fecha en Almería en el dicho día, mes y año suso dicho, testigos Juan de Aldana que firmó por Juan de Azpeitia y Miguel Sánchez y Juan de Alcalá y Martín de Beizama. Pasó ante mi Alonso de Palenzuela (AHPA; P-8, fol. 463).

Seguramente muchos de estos trabajadores sólo hablaran en euskera (Barrio 1980, 295) lo cual explica su modo de organización tan grupal y colaborativa entre ellos, incluso se puede desprender de este contrato de trabajo el desconocimiento de la lengua castellana y su escritura ya que firma un tal Juan de Aldana como testigo por el propio Juan de Azpeitia que acababa de ser un recién llegado en la ciudad de Almería.

Como señalábamos anteriormente en ausencia de normas como ocurrían en otros gremios, las competencias no estaban limitada por ninguna ordenanza de ahí que también se firmaran acuerdos o conciertos como el que se expone a continuación entre los entre los maestros canteros de la iglesia mayor Juan de la Fragua y Juan de Lezcano y otros oficiales en 1522 que dice:

> En la noble ciudad de Almería a XXI días del mes de febrero de 1522 años en presencia de mi Alonso de Palenzuela, escribano público y testigos de sus escritos yo Juan de la Fragua y Juan de Lezcano, maestros de cantería, obreros en la iglesia mayor, amos a dos de juntamente y de mancomún de la una parte y Martín de Trujillo y Gar-

cía de Salcedo, oficiales de sacar piedra de mancomún de la otra parte que por cuantos los dichos maestros de cantería tienen necesidad de piedra para la obra de la dicha iglesia mayor que tomarán e recibirán 350 varas de piedra de crucería y de piedra de pendiente 150 varas y de prendente cincuenta varas y de piedras para las capillas y jarjas 100 piezas que sean unas de pie y otras de pie y medio la cual dicha piedra van a recibir luego de los dichos Salcedo y Trujillo lo haya sacado y pagase la piedra de crucería a un real de plata la vara y los frontales y los prendientes a nueve maravedís la vara y las piezas a 32 maravedís la pieza y las piezas han de ser de pie y pie y medio y el tres pies en cuadrado y esta piedra a de ser de la cantera de San Sebastián buena de dar y tomar y de buen grano y que sea de cuatro peñones de donde señalare el dicho Juan de la Fragua, toda la cual piedra les han de dar desbastada a vista de maestros y puesta en cargadero y el los pagase por tercios, el un tercio luego y el otro tercio sacada la mitad de la piedra e el otro tercio acabada de sacar la piedra lo cual paga bien y llanamente en esta ciudad en buena a los dichos precios para lo cual obligaron sus personas y bienes… (AHPA; P-5, fol. 216–217).

De este concierto entre el trasmerano Juan de la Fragua y el vasco Juan de Lezcano se puede constatar como ejercían la maestría en el oficio de la piedra ya desde el 1522 creando el origen de un círculo de trabajo que terminaría siendo muy fecundo al empezar las obras de las iglesias en Almería bajo el obispado de Villalán. Hay que reseñar que Juan de Lezcano se conoce su intervención en la Catedral de Salamanca entre los años 1522 y 1531 (Castro 1998, 241), por lo que nos da algunas pistas de los círculos de trabajo de estos canteros que trabajaban en las obras más importantes que se estaban haciendo en esos años (figura 4).

Es por tanto un trabajo de un indudable valor en la configuración final de la Catedral y de gran importancia desde el punto de vista económico para la ciudad, debido a la gran cantidad de oficios que dependían de los mismos y la actividad económica que traía consigo para la ciudad ya que venían de otros lugares. Pero el oficio de la cantería conllevaba más que la propia colocación de la piedra y construcción del edificio, agrupaba el comercio y la actividad contratista de las propias canteras que controlaban también especialista vasco como se puede entender en palabras de Tapia:

Era dueño o contratista de la cantera un Ochoa, que cobraba la vara de cantería, cortada en sillar, para las obras de la catedral y de las que se hacían en la Alcazaba, a veinticinco maravedís en la cantera… (Tapia 1990, 196).

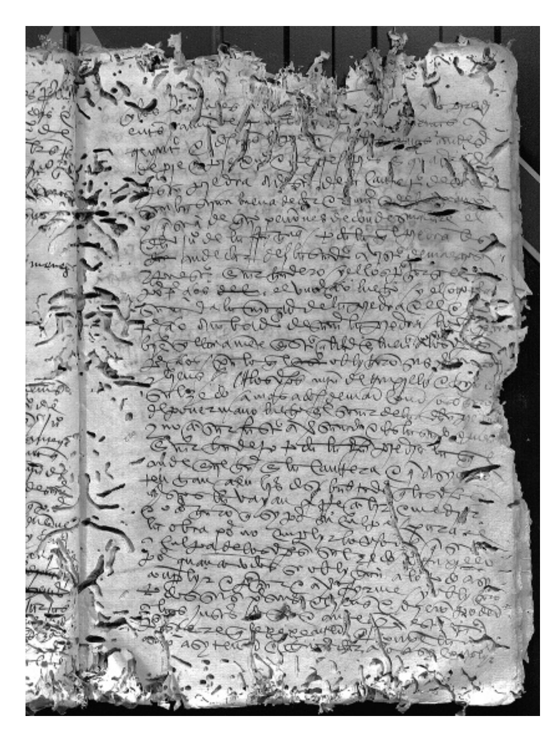


Figura 4
Concierto entre los maestros canteros de la iglesia mayor Juan de la Fragua y Juan de Lezcano y otros oficiales en 1522 (AHPA; P-5, fol. 216–217).

Esta unión de los canteros vascos en la construcción de la Catedral de Almería y demás iglesias de la ciudad se confirma en el testamento de Juanes Dobaita, un cantero vasco, que nos proporciona el nombre de otros canteros canteros vascos en la ciudad de Almería y que dice:

Sepan cuantos esta carta de testamento vieren como yo Juanes Dobaita, vizcaíno, cantero, natural de Forna que es en Vizcaya, estante al presente en esta ciudad de Almería, estando enfermo del cuerpo y sano de la voluntad y entendimiento tal como Dios nuestro señor me lo quiso dar…Y te mando que el día de mi enterramiento me digan una misa cantada de réquiem con su vigilia y si no fuere hora suficiente me digan la dicha vigilia e otro día se diga la dicha misa con su responso…Y te declaro que me debe Alonso de Urquina, cantero, veinte y un reales que le presté, mando que se cobren. Y te declaro que me

debe Pascual de Garin un ducado que le presté, mando que se cobre. Y te declaro que me debe Domingo de Albistur, cantero, ocho reales que le presté mando que se cobren. Y te declaro que me debe Juanes de Idoia, cantero, doce reales que le presté en la puerta del señor obispo para dar a Martín de Mendiola, mando que se cobren. Y te declaro que me debe Martín Eguren, cantero, nueve reales que le presté para gastar, mando que se cobren. Y te declaro que me deben los herederos de Domingo de Guerra, maestro que fue en la iglesia de esta ciudad, difunto que sea en gloria, quince ducados y dos reales los cuales le presté e por el paso que esto declaro que se me deben los cuales le presté para pagar a Corcuera ocho ducados los cuales yo pagué por él y cuando murió su hermano del dicho maestro cinco ducados y lo demás en veces, mando que se cobren de sus bienes. Y mando que todo el remanente de mis bienes asi los que tengo en esta ciudad después de cumplida mi ánima como los que tengo en mi tierra los haya y herede María Ortiz, mi hija legitima si fuere viva a la cual dejo mi y si fuere muerta que los bienes que dejo vuelvan al tronco como es costumbre en Vizcaya y que de ellos se saque antes e primeramente el dote que recibí con Mari Bañez, mi mujer, y demás dejo y mando 9.000 maravedís en recompensa de la compañía que hemos tenido y por el amor que le tengo el cual dicho doto ella trujo en una casa y caserío que tiene y yo lleve los bienes muebles que hay en casa, lo cual se entiende a falta de la dicha mi hija y no dejando ella heredero forzoso declaro que Pedro de Olaita y Martín de Aprunaga mis hermanos pagaron por mi 8.000 maravedís , mando que se les pague … Y para cumplir este mi testamento y lo en él contenido dejo por mis albaceas e testamentarios a Martín de Ibir buen maestro de la obra de Santo Domingo, vizcaíno, vecino de San Martín de Forna, y a Juanes Vizcaíno, cantero, vecino de esta ciudad a los cuales y cada uno de ellos por si insolidum les doy el poder que de derecho se requiere para que entren y tomen mis bienes y los vendan y rematen y cumplan este mi testamento… (AHPA; P-48, fol. 211–212).

Se nombran a diversos canteros vascos como Martín Eguren, Pascual de Garin, Alonso de Urquina, Juanes de Idoia, destacando especialmente a los herederos de Domingo de Guerra como un gran maestro que pudiera coincidir con el muy notable cantero que trabaja en las obras de la capilla de la Piedad y del claustro de San Miguel de Oñate, años 1526–32 (Barrio y Moya 1981, 281) o el que entre la amplia nómina de canteros vascos que estuvieron al servicio del emperador como Pedro de Lizarazu, Domingo de Guerra según menciona Castañer (Castañer 2003, 57). En el mismo testamento aparece el nombre de Domingo de Albistur que labra piezas en la Catedral de Granada en 1529 (Barrio y Moya 1981,181) y que forma parte de una saga familiar integrada por Miguel Albistur y Juan de Albistur que trabajan en la Catedral de Salamanca entre los años 1524 y 1532 (Castro 1998, 234–235).

También se mencionan a Martín de Mendiola cantero que junto al maestro Juan de Goya sirvieron al Emperador y a sus secretarios en obras notables (Barrio y Moya 1981, 239) o Juan Vizcaíno que pudiera ser el que realiza unos trabajos en la Catedral de Salamanca entre los años 1524 y 1526 (Castro 1998, 247) y que trabaja con Siloé en la catedral de Granada en el año 1529 como asentador (Barrio y Moya 1981, 263).

Sea como fuere lo que parece quedar claro es que estos trabajadores estaban muy interrelacionados debido a su buen hacer y pericia y que posiblemente gracias a la presencia de Diego de Siloé y Gil de Hontañón en Oñate entre los años 1529 y 1539 (Castañer 2003, 57) pudiera generar sinergias de trabajo en distintas zonas de la península ibérica, conformando un círculo de trabajo y colaboración mutuo en más de un proyecto y construcción de ahí que el propio Domingo de Guerra esté documentado su trabajo en esos años en Oñate y en la propia Granada en los trabajos de Siloé (figura 5).

Conclusiones

Los datos obtenidos en relación a los canteros vascos que trabajaron en la Catedral de Almería y demás iglesias de la ciudad nos hace constatar a nivel general que una vez más éste no es un hecho aislado, al



Figura 5
Fotografía de la fachada Norte de la Catedral de Almería. (Palenzuela, 2014)

igual que en Almería está documentado que en el resto de la península Ibérica estuvieron trabajando y que se puede afirmar que durante los S.XVI–XVII estos canteros vascos y trasmeranos estuvieron en la vanguardia de la construcción hispánica y como acreditados expertos siempre estaban en las obras más importantes de los reinados de Isabel y Fernando, Carlos V y Felipe II.

A nivel particular también se concluye que estos hechos pueden arrojar pistas acerca de la autoría de las trazas de la Catedral almeriense o como mínimo pueden ayudarnos a entender algunos aspectos de la singularidad de su propuesta constructiva como iglesia-fortaleza, así como de algunas soluciones estereotómicas muy particulares en ella y que como hemos podido aportar tienen relaciones muy cercanas con construcciones similares. Estos canteros formaban círculos de trabajo muy estrechos y conocían perfectamente las últimas técnicas de trabajo de la piedra, de ahí que su elevado conocimiento pudiera incidir de algún modo en la traza de las mismas plantas de las iglesias.

Notas

1. El Obispo Fray Diego Fernández de Villalán era un hombre muy cercano al Cardenal Cisneros, quien a su vez era el confesor de la reina Isabel La Católica y por tanto gozaba de gran influencia en su nieto el Emperador Carlos V, de ahí también la buenas relaciones que el Obispo de Almería mantenía con Carlos V. Por ello no es raro ver el interés de la defensa militar del reino por medio de un edificio religioso.
2. A esto tendríamos que sumarle los restos que se descubrieron según las excavaciones realizadas en 1998 en la plaza situada en el costado norte de la catedral, consistentes en la aparición de la cimentación y arranque de una torre semicircular de la Catedral, con una altura de 3,90 metros y un diámetro interior que alcanza los 9 metros, que debió ser suprimida del proyecto original. Este hallazgo no hace sino poner de manifiesto el marcado carácter de fortaleza que se ideó desde sus primeros diseños.
3. Aunque no hay documentos que reflejen la autoría de las trazas de la Catedral de Almería, parece claro que perteneciera a un arquitecto *tardogótico* y del área de influencia del poder del momento y del propio Cardenal Cisneros como pudiera ser Anton y Enrique Egas (tesis que comparto con D. Juan López Martín), quien diseña la Catedral de Salamanca (1510) o la Catedral-Magistral de Alcalá de Henares (1501) con las que mantiene tanto parentesco en las proporciones de su planta.
4. También puede deberse como apuntaría Barrio Loza: «a la falta de empleo en la agricultura y ganadería vascas» (Barrio 1980, 286) como consecuencia de los Fueros en los que se regía la sociedad vasca que evita la división del caserío y sus propiedades al establecer un único heredero (Ocerin 2015, 44).

Lista de Referencias

Archivo Histórico Provincial de Almería (AHPA).

Álvarez, José. 1936. *Historia de la Catedral de Almería*. Almería. Manuscrito inédito, Archivo de la Catedral de Almería

Aparici, Joaquín. 2006. «Obra en piedra. Maestros vizcaínos en la plana de Castelló (siglos XV–XVI)». *Millars:Espai i historia* 29:133–150, ed. digital. Castellón: Universitat Jaume I.

Barrio, J.Ángel. 1980. *El modo vasco de producción arquitectónica en los Siglos XVI–XVIII*. Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia.

Barrio, J.Ángel y Moya, J.Gabriel. 1981. *Los Canteros vizcaínos (1500–1800): diccionario biográfico*. Bilbao: Grupo Espeleológico Vizcaíno.

Cabrillana, Nicolás. 1982. *Almería Morisca*. Granada: Universidad de Granada.

Cara, Lorenzo; Sánchez, Valeriano; Gil, Antonio. y Guerrero, F.Miguel. 2007. *Castillos, Fortificaciones y Defensas*. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

Castañer, Xesqui. 2003. *Arte y arquitectura en el País Vasco: el patrimonio del románico al siglo XX*. Donostia: Nerea.

Castro, Ana. 1998. «Canteros vascos en el Primer Renacimiento Salmantino». *Ondare. Cuadernos de Artes Plásticas y Monumentales* 17:231–247, ed. digital. Donostia-San Sebastian: Eusko Ikaskuntza.

Castro, Ana. 2002. Juan de Álava, arquitecto del Renacimiento. Salamanca: Caja Duero.

Espinosa, M.Gloria; Nicolás, M.Mar; Torres, Rosario y Ureña, Alfredo. 2006. *Guía artística de Almería y su provincia*. Sevilla: Fundación José Manuel Lara.

Jiménez, Antonio. 2006. «Una frágil frontera de piedra: las tenencias de fortalezas y su papel en la defensa del Reino de Granada (siglo XVI)».*Barcelona Manuscrits: Revista d´historia moderna*, 24:45–72. Universitat Autonoma de Barcelona.

López, Juan. 1999. *La Iglesia en Almería y sus obispos*. Almería: Instituto de Estudios Almerienses, Caja Rural de Almería y Unicaja.

Martín, Mariano. 2012. «Iglesias fortificadas de la costa granadina». *Actas del IV Congreso de Castellología Ibérica*, 713–734, ed. digital. Madrid: AEAC.

Muñoz, Antonio. 1997. «Un enclave estratégico del mediterráneo español: el Cabo de Gata (Almería) en el siglo XVI». *Actas del Congreso la Frontera Oriental Nazarí como Sujeto Histórico (S–XIII–XVI)*, 639–645, ed. Almería: Instituto de Estudios Almeriense.

Ocerin, Olatz. 2015. *Formación y profesión arquitectónica en el País Vasco (1774–1977). Origen y evolución de la profesión de arquitecto desde el siglo XVI hasta la creación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPV/EHU*. Tesis Doctoral dirigida por Carlos Martínez Gorriarán, ed. digital. Guipuzkoa: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Sánchez, Juan Antonio. 2008. «Sol Iustitiae. Arquitectura, culto eucarístico y poder episcopal en la Catedral de Almería». *Imafronte* 19–20: 349–375, ed. Murcia: Universidad de Murcia.

Tapia, José Antonio. 1990. *Historia General de Almería y su provincia. Tomo. IX: Almería Morisca*. Almería: Cajal.

El Faro de El Cabanyal (Valencia)

Rosa Pastor Villa

El Cabanyal-Canyamelar-Cap de França es un Conjunto Histórico Protegido situado en la fachada marítima de la ciudad de Valencia. Su implantación estuvo vinculada al mar como medio de vida de sus habitantes en torno a la actividad portuaria y pesquera. La trama urbana del conjunto albergó un faro singular denominado el faro de El Cabanyal, situado en el mismo lugar que ocupaba un antiguo fanal perteneciente al Gremio de Pescadores de la población.

El faro de El Cabanyal, tiene especial relevancia por ser una de las primeras luces que aparecieron en la Comunitat Valenciana, anteriores al Plan General del Alumbrado Marítimo de las Costas y Puertos de España e Islas adyacentes, aprobado en 1847. El Plan argumentó a favor de la conservación y mejora de las luces de El Cabanyal y de El Grao de Valencia, consideradas como pequeñas luces fijas.

La luz de El Cabanyal se ubicó en una de las torres de la Iglesia de Nuestra Señora de los Ángeles, situada en la plaza del mismo nombre, a escasos metros del mar. Estaba considerado como un faro de 6º orden, según consta en proyecto fechado en 15 de Diciembre de 1860. Eduardo Mojados, ingeniero perteneciente a la organización del Cuerpo de Ingenieros de Caminos del Estado, fue el autor y director de las obras de construcción del faro, iluminado en el año 1862.

El objetivo de la comunicación es analizar y documentar el faro histórico de El Cabanyal, teniendo en cuenta su valor testimonial y su singularidad desde el punto de vista histórico y arquitectónico.

Se trata de un faro singular por su particular ubicación cuya misión principal era servir de guía a los pescadores de El Cabanyal. Actualmente representa un hito en la memoria de los habitantes del barrio tanto por la función que desempeñaba como por formar parte integrante de un paisaje histórico.

Aproximación histórica

El conjunto urbano Cabanyal-Canyamelar-Cap de França, junto con el Grao, la Malvarrosa y Nazaret constituyen la fachada marítima de la ciudad de Valencia. Estos barrios, en su origen núcleos independientes, nacieron y se desarrollaron en torno a la actividad portuaria y pesquera, al margen de una ciudad que vivía de espaldas al mar. El Grao, asentamiento principal, era una ciudad amurallada fundada por Jaime I y su historia corre paralela a la del Puerto de Valencia. En la puerta norte de la muralla del Grao, a modo de arrabal, se originó una incipiente agrupación de barracas, origen de los tres núcleos pesqueros, Cabanyal, Canyamelar y Cap de França, que crecieron en un terreno pantanoso ganado al mar, hasta convertirse en una población denominada Pueblo Nuevo del Mar.

> «…a propósito del origen de tres barrios costeros que con los nombres de Canyamelar, Cabanyal y Cap de França, crearon paulatinamente humildes familias de pescadores, levantando chozas o barracas para establecer sus pobres

viviendas a la vista de los barquichuelos varados en la playa, pero a distancia bastante para prevenir los desafueros del mar cuando a éste se le hinchan las narices.

El Canyamelar se situó muy cerca de la muralla septentrional del Grao y nunca traspasó los límites de la Acequia d› En Gasch.

Entre la Acequia d› En Gasch y la de Pixavaques surgió el Cabanyal… poseyó una ermita antigua en el mismo sitio que hoy ocupa la actual iglesia de Nuestra Señora de los Ángeles…

AI otro lado de la acequia,… -también se llama de los Ángeles- se extiende el vecindario de Cap de França, constituyendo un poblado marítimo muy típico, porque se refugiaron en él los más genuinos pescadores, particularmente los del Bou, separados de la colonia veraniega…

Pusiéronse de acuerdo los tres barrios en el año 1837 y constituyeron un lugar con municipio propio denominado Pueblo Nuevo del Mar, cuya existencia no fue de larga duración, porque en 1° de Junio de 1897, se anexionó a la Ciudad…» (Carreras y Candi 1924, I: 878-880)

Los primeros esbozos del asentamiento, los dibuja en 1563 Antoine Wijngaerde en Las vistas de El Grao de Valencia, donde se aprecia la incipiente agrupación de barracas junto a un pequeño muelle y un baluarte defensivo (figura 1).

En 1791 José Fornés, Arquitecto de la Real Academia de San Carlos, por encargo de la Comunidad de Marineros matriculados[1] diseña y construye la Iglesia de Ntra. Sra. de los Ángeles, en un campo propio de

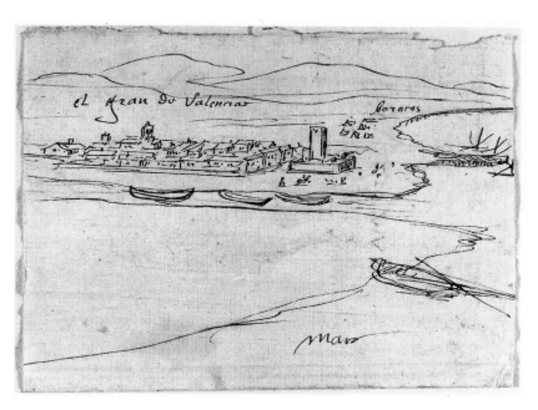


Figura 1
El Grao de Valencia 1563. Borrador a pluma de Anthonie van den Wijngaerde. (Roselló i Verger, V.M. et al. 1990)

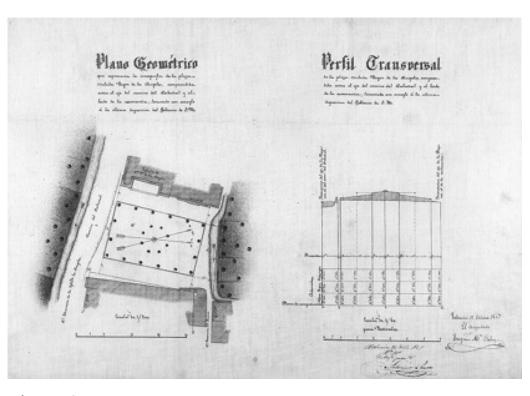


Figura 3
Plano geométrico que representa la iconografía de la plaza titulada Virgen de los Ángeles, comprendida entre el eje del camino del Cabañal y el borde de la escorrentía. Joaquín M. Calvo. 1867. Fondo de la Diputación. MP 20 nº 21

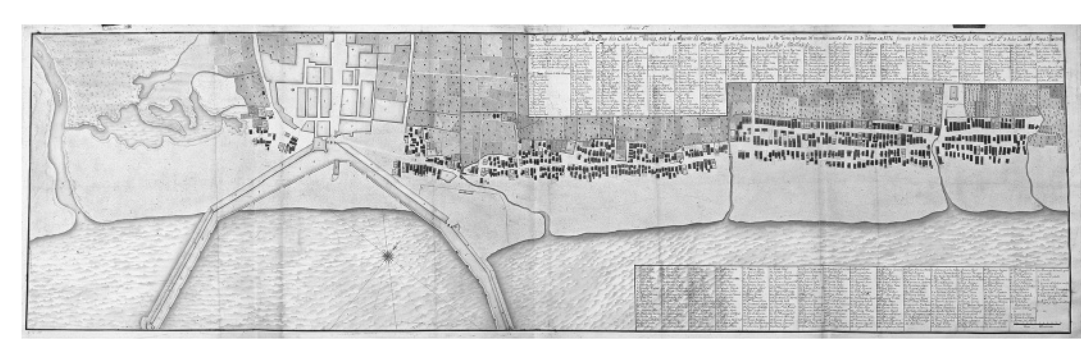


Figura 2
Plan Geográfico de la Población de la Playa de la Ciudad de Valencia, desde la Alquería del Capitán Alegre o de la Linterna, hasta el Río Turia, y después del incendio acaecido el dia 21 de Febrero de 1796. (Biblioteca Digital Hispánica)

la Comunidad, en la partida de El Cabanyal, sobre el lugar que ocupó una antigua ermita (figura 2), situada en la plaza de los Ángeles. Las obras, finalizadas en 1807, fueron costeadas por los marineros. En el plano geométrico de la Plaza Virgen de los Ángeles, está grafiada la planta del edificio (figura 3).

La cartografía histórica nos ofrece datos relevantes sobre el edificio; en el plano de la ciudad de Valencia de 1812 se detalla la situación de la ermita, el caserío y las barracas de El Cabanyal, según leyenda, correspondiente a los números 32 y 33 respectivamente (figura 4).

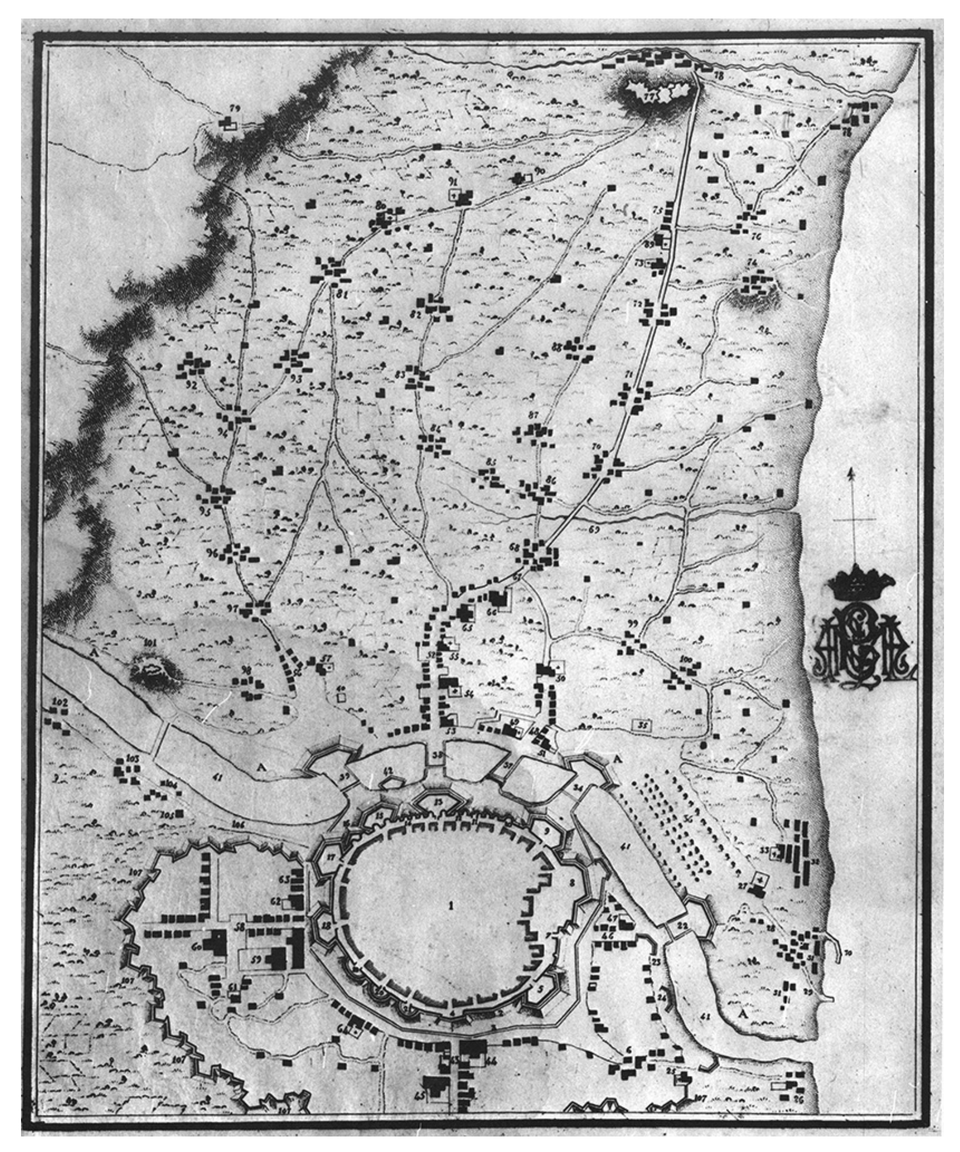


Figura 4.
Plano de la ciudad de Valencia, su fortificación y arrabales, hasta el castillo de Sagunto y Villa de Murviedro. 1812 Anónimo. Leyenda: 32. Caserío y barracas del Cabañal; 33. Ermita del Cabañal. (Herrera et al 1985)

El antiguo fanal de El Cabanyal

La fachada de la iglesia de Ntra. Sra. de los Ángeles estaba flanqueada por dos torres, que por su altura sobresalían del resto de las edificaciones, en su mayoría barracas (Gosálvez, 1998). La torre situada en el linde sur, albergó en su parte superior un fanal, utilizado fundamentalmente por los pescadores y navegantes de El Cabanyal. Está recogido en el Plan General de Alumbrado Marítimo de las Costas y Puertos de España e Islas Adyacentes de 1847, en el apartado de luces de señalización (figura 5):

> …hasta este año existían 20 luces de señalización. Doce de ellas eran fijas ubicadas en Fuenterrabía, Pasajes, San Sebastián, Igueldo, Ceuta, Villajoyosa, El Grao de Valencia, El Cabañal, Salou, Tarragona, Barcelona y Palma de Mallorca. Siete con instalaciones giratorias en Santander, La Coruña, Vigo, Cádiz, Tarifa, Málaga y Portopí y, por último, una, Sóller, con la torre construida pero que aún no se había encendido en ese año. Habían existido, además, algunos faros de la época romana o medieval, ya desaparecidos, de los que se tiene noticia por los historiadores y de algunos de los cuales quedaban vestigios o incluso planos o viñetas. Otros de aquellas épocas anteriores aún funcionan si bien sus torres o emplazamientos han variado. Al primer grupo corresponden las Torres del Oeste, también llamadas de Augusto, para la navegación de la ría de Arosa, la torre de Santo Tomás en Cambados, el faro de Lanzada entre las rías de Arosa y Martín, el Kaipionos Pyrgos, usado para abalizar los bajos de Salmedina, en Cádiz, y el faro de Pollentia, entre las bahías de Pollensa y Alcudia en Mallorca. Del segundo grupo permanecían la Torre de Hércules en La Coruña, la de San Sebastián en Cádiz y el faro de Porto Pí en Palma de Mallorca. Es preciso apuntar que actualmente alguno de estos han desaparecido, han sido modificados totalmente o trasladados a zonas cercanas. Otros Faros existentes en esa época, que no se incluyen en la lista anterior, no se podían considerar estrictamente como tal por diversas razones (iluminación local en puertos, encendidos esporádicos, iluminación por hogueras,...) (Sánchez, 2017, 14)

RESUMEN

del plan general de alumbrado marítimo de las costas y puertos de España á que hace referencia el anterior real decreto. (a)

FAROS DE PRIMER ORDEN.

Cabo de Machichaco.—Id. de Peñas.—Estaca de Vares en cabo Ortegal.—Cabo de Finisterre (1).—Chipiona.—Tarifa * (2).—Ceuta. *—Cabo Tiñoso.—Las Hormigas ó cabo de Palos.—Islas Columbretes.—Cabo San Sebastian ó las Hormigas.

FAROS DE SEGUNDO ORDEN.

Cabo Mayor de Santander. *—Islas Cías.—Cádiz. * (3).—Cabo Trafalgar.—Torre de Entinas.—Cabo de Gata (4).—Bocas del Ebro.—Punta de Llobregat.—Isla Conejera (ó de Ibiza).—Isla Formentera.—Cabo Formenton.—Isla de Cabrera.—Cabo Cabaleria.—Isla de Aire.

FAROS DE TERCER ORDEN.

Monte Igualdo en San Sebastian * (5).—Tina Mayor (6).—Rivadesella.—Cabo Busto.—Rivadeo.—Monte Compelo ó cabo Prior.—Coruña (7).—Cabo de Corrobedo.—Rompido de Cartaya.—T. de Cala Moral.—Malaga (8).—Nerja.—Punta ó torre del Llano.—Isla Plana (Nueva Tabarca).—Cabo Cullera.—Grao de Valencia. *—Cabo de Oropesa.—Alfaques.—Tarragona. *—Canet.—Cabo de Creux.—Punta Grosa (Ibiza.)—Isla Dragonera.—Cabo de Pera.

FANALES Ó LUCES DE PUERTOS.

Cabo de la Higuera. *—Entrada del canal de Pasajes. *—Isla de Santa Clara.—Punta de la Galea.—Castro-Urdiales.—Santoña (en la Peña del Fraile (9).—Isla de Mouro.—Suances.—Llanes.—Villaviciosa.—Gijon.—Avilés.—Cudillero.—Cabo de Prioriño.—Islas Sisargas.—Cabo Villano de Camariñas.—Cabo de Cé, en la isla de Corcubion.—Isla de Salvora.—Monte Campelo de la isla de Arosa.—Isla Ons ?—Punta de la Guia, dentro de la ria de Vigo. * (10).—Ayamonte (dos luces).—Isla Cristina (dos luces).—Huelva (dos luces).—Sanlúcar.—Rota.—Punta del Carnero ?—Isla Verde ?—Estepona.—Marbella.—Velez-Malaga.—Adra.—Almería.—Vera.—Aguilas.—Cartagena, en la punta de la Navidad.—T. de la Encañizada (Mar menor).—Cabo de Santa Pola.—Alicante ó cabo de las Huertas * (11).—Villajoyosa * (12).—Altea.—Denia (dos luces).—El Cabañal. *—Vinaroz.—Salou. *—Barcelona * (13).—Palamos (dos luces).—Rozas.—Isla de los Ahorcados (14).—Puerto de Ibiza.

(a) En los puntos marcados con esta señal * existen en la actualidad fanales. Este signo ? y los demas que se encuentran en este cuadro denotan que son de dudosa necesidad las luces ó señales propuestas ó pedidas para los sitios asi señalados.

Figura 5
Resumen del plan general del alumbrado marítimo. El Heraldo de Madrid 17 de septiembre de 1847. Biblioteca Virtual de prensa Histórica

El faro de El Cabanyal en el Plan General de Alumbrado Marítimo de las costas

Antonio Ros de Olano, Ministro de Comercio Instrucción y Obras Públicas, rubrica el Real Decreto de 13 de septiembre de 1847[2], por el que se aprueba el Plan General del Alumbrado Marítimo de las Costas y Puertos de España e Islas adyacentes. Antes de este Plan, la red de alumbrado en España era de poca entidad, y así se recoge en la exposición de motivos de la aprobación del Plan:

> «El servicio de Faros, tan escaso e imperfecto en nuestras costas y puertos, como numerosos y bien organizados en todos los países cultos, ha llegado por fin a merecer del Gobierno de V.M. la preferente atención que, hace mucho tiempo reclamaba, como objeto del más alto interés para la prosperidad de nuestro comercio, y no menos beneficioso al de otras naciones y aún a la humanidad entera…»

A 13 de Septiembre de 1847, Ros de Olano Sr. Director General de Obras Públicas (El Heraldo 17 de septiembre de 1847)

En la memoria del Plan se adjunta los parajes en los que deberán establecerse las 105 luces de destinadas al alumbrado general de costas y puertos, distinguiendo entre los que deberán ser construidos de nueva planta y aquellos que ya están sirviendo en lugares concretos pero deben ser analizados y objeto de proyecto de adecuación.

Entre las luces existentes anteriormente al Plan, figuran la de la Iglesia de El Cabanyal y la del Grao de Valencia[3]: «existen dos pequeñas luces fijas que conviene conservar y mejorar, sobre todo la primera, que en este plan figura como aparato de tercer orden» (tomado de Aguilar, 2014).

El Plan recoge, en el apéndice nº 64 de la Memoria sobre el estado de las Obras Públicas de España en 1856 del estado y características de los faros proyectados en las costas, respecto del faro del Cabanyal (tabla 1). El cuadro del año 1883[4] amplía la información (tabla 2[5]).

El proyecto del faro de El Cabanyal

Los autores y directores de obra de la red de alumbrado eran ingenieros de caminos canales y puertos que formaban parte de la organización del Cuerpo de Ingenieros de Caminos del Estado, se trataba de un organismo sujeto a sus propios estatutos como funcionarios del Estado.

Durante la primera década de 1860 se completó la señalización nocturna del litoral valenciano al construirse fanales y faros de corto alcance en los principales puertos y graos valencianos. En 1862 se construyó el de El Cabanyal. Disponía de sus propias señales fijas, asistida por farero, que servían para facilitar la navegación y el acceso nocturno (Ferri, M. 2015)

El proyecto del faro de El Cabanyal de 1860 fue redactado por Eduardo Mojados Ramos, ingeniero que estuvo adscrito a Valencia, de aspirante segundo y luego como ingeniero jefe. También trabajó en Castellón, Madrid y León. El *Proyecto de faro de 6º orden para el Cabanyal*[6] (figura 6), (figura 7), es un ejemplo singular por su particular emplazamiento en una de las torres de la Iglesia de Ntra Señora de los Ángeles, en El Cabanyal, donde anteriormente existía un fanal, propiedad del Gremio de Pescadores.

Dado que el faro se encontraba a 590 m de la playa, el ingeniero estudió la posibilidad de aproximarlo a la costa, aunque decidió finalmente renovar el aparato y dejarlo en su ubicación original realizando algunas reformas, teniendo en consideración (figura 8): «siendo su principal y casi único objeto servir de guía al gran número de pescadores que viven en El Cabanyal y van a varar a la playa» (tomado de Aguilar Civera 2014, 71).

Respecto de sus características, Emeterio Muga lo describe así: «En el extremo del Pueblo Nuevo y a 583 metros de la orilla del mar; es catadióptrico de sexto orden y está montado sobre una torre blanca y cuadrada, que pertenece a la iglesia o ermita de los Ángeles, en la que y a 16,6 metros de altura sobre el terreno y a 20, 2 metros sobre el nivel del mar, se enciende una luz fija, blanca, que alcanza a nueve mi-

Tabla 1
Estado del faro de Cabanyal 1856. Aguilar 2014, 61

Nombre del Faro	Orden	Clase de Luz	Nº torreros que sirven el faro	Fecha en que se iluminó	Estado
El Cabanyal		Fija, luz de Puerto	1	1807	Luz comprendida en el Plan

Tabla 2
Estado del faro de Cabanyal 1883.

Nombre del Faro	Orden	Situación	Nº de torreros que sirven el faro	Fabricante del aparato	Lámpara
El Cabanyal	5º	En la torre de la Iglesia	1	Lepaute[5]	Maris

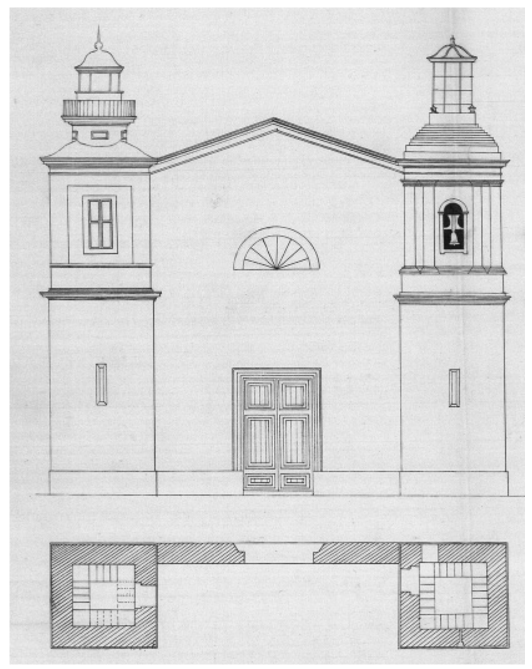


Figura 6
Proyecto de faro de 6º orden de El Cabanyal. Alzado. Valencia 15 de diciembre de 1860, Ingeniero Eduardo Mojados. AGA, 25/8363-00003-003 y 25/836300003-004

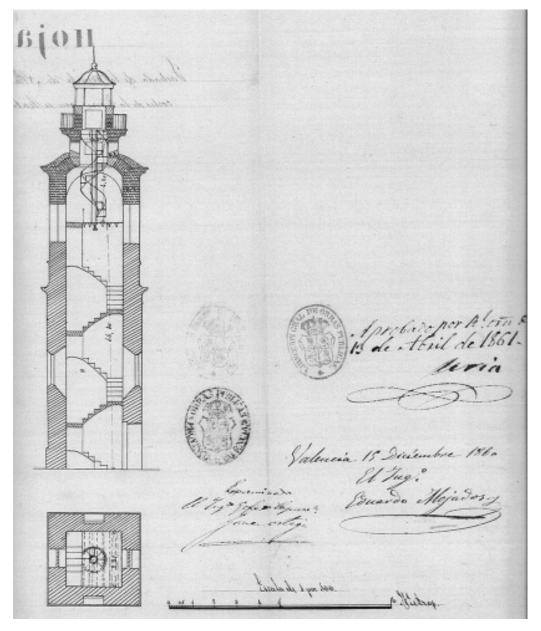


Figura 7
Proyecto de faro de 6º orden de El Cabanyal. Sección torre del faro. Valencia 15 de diciembre de 1860, Ingeniero Eduardo Mojados. AGA, 25/8363-00003-003 y 25/836300003-004

llas de distancia, indicando no solamente la situación próxima del puerto de Valencia, sino la playa donde los pescadores acostumbraban a varar sus embarcaciones». (Muga 1920, 45)

El Boletín Oficial de la Provincia de Soria, de marzo de 1862, publica más datos sobre el mismo:

> Situado sobre la torre más alta al S. de los dos que tiene la ermita de Nuestra Señora de los Ángeles, en el pueblo llamado El Cabañal, 349 brazas de la orilla del mar. Reemplaza a la luz de puerto que se enciende en la misma ermita.
> Aparato catadióptrico de sexto orden. Luz fija de color natural. Alcance en el estado ordinario de la atmósfera 9 millas.
> Latitud: 39º 28' 50'' N.
> Longitud: 5º 52' 10'' E. de San Fernando
> Elevación del foco luminoso sobre el nivel del mar, 20,16 m
> Idem sobre el terreno, 16,56 idem
> La torre es de color blanco sucio, cuadrada y terminada en bóveda; la linterna es octogonal y de color pizarra.



Figura 8
Iglesia Nuestra Señora de los Ángeles y faro del Cabañal (1880). Colección Díaz Prosper

Remite al Cuaderno de Faros de las Costas de España y sus posesiones de ultramar de 1º de enero de 1839, para indicar que según refiere la publicación está señalado con el número 69.

Respecto del orden y apariencia básica del faro de El Cabanyal, según recoge Sánchez (2017, 16) en la memoria del catálogo de Faros con valor patrimonial de España, el repertorio de apariencias a las que se acomodó el plan, en concordancia con los órdenes y series de instalaciones francesas, fue el siguiente:

> «Faros de 5º y 6º Orden: Luz fija en todas direcciones. Luz fija variada por destellos»

Respecto de las apariencias básicas, la definición que se da en el Libro de Faros de 1864 de las diversas apariencias básicas la transcribe Sánchez (2017, 17) y se reproduce textualmente a continuación: «Luz fija es la que brilla constantemente, pero variando de intensidad según el estado de la atmósfera y la distancia del observador».

Fechas clave en la construcción del faro de El Cabanyal a través de la prensa histórica

El 7 de Junio de 1860, parece que se mandó contratar el faro según publica La Correspondencia de España.[7]. En la misma publicación de 7 de mayo de 1861 consta que entre las subastas anunciadas por la Dirección General de Obras Públicas figura bajo presupuesto aprobado de 56.743,80 reales las obras del faro de El Cabanyal.

El Clamor del Público del día 12 de julio de 1861 publica: «el remate de las obras de construcción de un faro de sexto orden que ha de colocarse en una de las torres de la ermita Ntra. Sra. De los Ángeles del Cabañal ha quedado a favor de Don Mariano Samper, por la cantidad de 36,700 rs, y le ha sido aprobado por la superioridad…a fin de terminar en el menor plazo posible esta nueva mejora»[8].

Con fecha 28 de septiembre de 1861 se inicia el expediente para la construcción del faro solicitando la identificación de los propietarios del terreno, siendo el Gremio de Pescadores y D. Santiago García. El 7 de octubre se abre los expedientes de expropiación con una indemnización de 1.649´83 reales de vellón, el 1 de septiembre de 1862 se comunica el cobro, iniciándose las obras[9].

En el Contemporáneo de junio de 1861 anuncia: «Las obras de construcción del faro del Cabanyal (Valencia) tocan ya a su término. Se ha construido casi por completo, y contigua a la ermita de Nuestra Señora de los Ángeles, la casita que ha de habitar el torrero encargado del gobierno del faro, con todos los departamentos indispensables para la vivienda. También se ha levantado la pared o cerca que circunvala el edificio, y la escalera para dar acceso al faro, esperándose de un momento a otro la llegada a aquel puerto del material que ha de constituir la escalera de hierro, a fin de que los empleados puedan servirse de ella para situarse al nivel de la luz; por manera que es de suponer que queden concluidas todas las obras dentro de dos o tres semanas»[10].

El 31 de marzo del mismo año se ilumina por primera vez el faro, según se publica en La Correspondencia de 21 de Enero de 1862: «Por Real Orden de 14 del actual, se ha dispuesto que el nuevo faro de cuarto orden que se ha construido en el cabo Silleiro, provincia de Pontevedra, el de sexto orden en el Cabañal (Valencia) y un fanal o luz de puerto en la rada de Torrevieja (Alicante). Se iluminan el 31 de marzo próximo. Se procederá a publicar los anuncios correspondientes para conocimiento de los navegantes según las noticias y planes de las localidades que por la de obras públicas se remita».

Por Real Orden de 11 de diciembre de 1917 se ordena la supresión del antiguo Faro del Cabañal[11] (figura 9).

En fecha 12 de diciembre de 1924, el arquitecto Víctor Gosálvez[12], solicita licencia en nombre del párroco D. Domingo Ibáñez Luna, de colocación de andamio para desmontar el tambor del antiguo faro. La licencia se concedió el 28 de febrero de 1925. En las



Figura 9
Iglesia Nuestra Señora de los Ángeles y faro del Cabañal (1920). Colección Rieta López

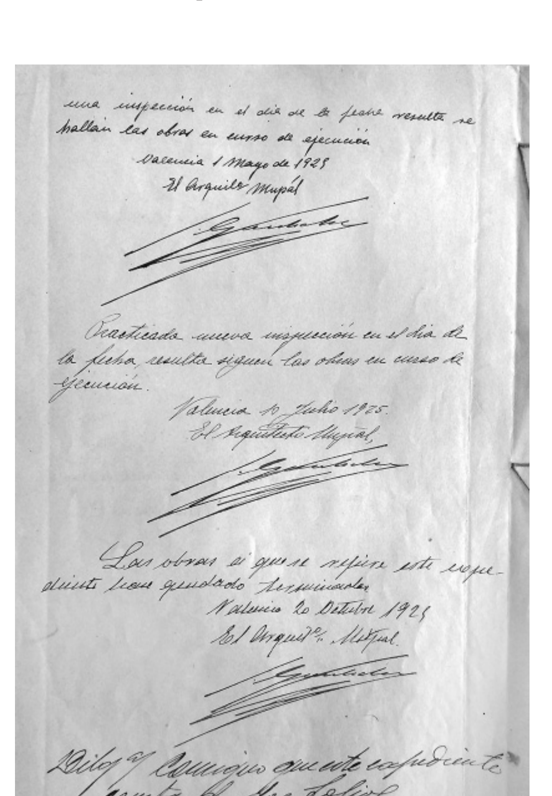
inspecciones del arquitecto municipal realizadas el 1 de mayo y 10 de julio del mismo año se afirma que las obras están en curso, fueron terminadas el 20 de Octubre de 1925 (figura. 10)

Conclusiones

El Faro de El Cabanyal (figura 11), ha sido protagonista de la historia del pueblo de pescadores. El hecho de ser una de las pocas luces que existían en la costa mediterránea antes del Plan de Alumbrado de 1847 le confiere gran relevancia, de ahí la importancia de su estudio y documentación. En la actualidad no existe porque fue desmontado en Octubre de 1925, no obstante permanece en la memoria colectiva de los valencianos y especialmente en la de los habitantes de El Cabanyal. La Iglesia de Ntra Señora de los Ángeles conserva en su torre Sur, las huellas del pasado de un faro emblemático.

Notas

1. «Los pescadores del bou, además de pescar, debían ponerse al servicio de la Armada real que debía sostener un inmenso imperio ultramarino. Patiño y Ensenada, ministros de Felipe V, debieron atender al reclutamiento de la marinería estableciendo la matrícula de mar, es decir, un sistema de enrolamiento obligatorio, que exigía a la gente de mar la prestación del servicio naval en los barcos o en los arsenales, a cambio del monopolio del ejercicio de las actividades productivas relacionadas con el mar. Esa Ordenanza reglamentaba los dere-



una inspección en el día de la fecha resulta se hallan las obras en curso de ejecución
Valencia 1 Mayo de 1925
El Arquitº Mupál

Practicada nueva inspección en el día de la fecha, resulta siguen las obras en curso de ejecución.
Valencia 10 Julio 1925.
El Arquitecto Mupal,

Las obras a que se refiere este expediente han quedado terminadas
Valencia 20 Octubre 1925
El Arquitº. Mpal.

Diligª/ Consigno que este expediente consta de dos folios.
Valencia 10 Julio 1928.

Figura 10
Solicitud de licencia para desmontar el faro de El Cabanyal. Expediente 25643 PU año 1924. AGV



Figura 11
Vista reciente de la Torre de la Iglesia de los Ángeles tomada desde la calle de los Ángeles (Pastor 2010)

chos y deberes de los matriculados a cambio de su disponibilidad hasta el servicio hasta los 60 años. El matriculado era simplemente un soldado en la reserva, al servicio de los reales bajeles, que en su tiempo libre se dedicaba a la pesca» (Sanchis 1988).

2. Real Decreto 13 de septiembre de 1847. Publicado en el Heraldo de fecha 17 de septiembre de 1847. Biblioteca virtual de prensa histórica
3. Plan General para el Alumbrado Marítimo de las Costas p. 46
4 Alumbrado marítimo. Revista de Obras Públicas, 1883 P. 113-123
5. La empresa "H. Lépaute" , dedicada fundamentalmente a la fabricación de relojes accionados por sistema de pesas, era colaboradora de G. Eiffel en los Faros metálicos de Francia (Sanchis 2008, 44)
6. Proyecto de faro de 6º orden del Cabañal. Valencia 15 de diciembre de 1860, Ingeniero Eduardo Mojados. AGA, 25/8363-00003-003 y 25/836300003-004. (Tomado de Aguilar, 2014)
7. La Correspondencia de España de 7 de Junio de 1860
8. http://maritimodevalencia.blogspot.com.es/2015/01/el-faro-de-la-iglesia-de-los-angeles.html
9. http://maritimodevalencia.blogspot.com.es/2015/01/el-faro-de-la-iglesia-de-los-angeles.html
10. http://maritimodevalencia.blogspot.com.es/2015/01/el-faro-de-la-iglesia-de-los-angeles.html
11. http://maritimodevalencia.blogspot.com.es/2015/01/el-faro-de-la-iglesia-de-los-angeles.html
12. Expediente 25643 PU año 1924. AGV

Lista de referencias

Aguilar, I. 2014. (coord.) Luces y faros del Mediterráneo. Paisaje, técnica, arte y sociedad. Generalitat Valenciana. Cátedra Demetrio Ribes. Valencia.

Gosálvez Gómez, V. 1998. Estudio constructivo de la Barraca de la Vega Valenciana 1915. ICARO Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana. COACV. Valencia.

Herrera, J.; LLopis, A.; Martínez, R.; Perdigón, L. Taberner, F. 1985. Cartografía Histórica de la ciudad de Valencia. Valencia. Ayuntamiento de Valencia.

Muga, E. 1920. Geografía General del Reino de Valencia. Alberto Martín. Valencia

Pastor, R. 1995. Lectura de la estructuras de la edificación. Ensayo tipológico residencial 1900-1936. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.

Sanchis Pallarés, A. 1988. La Conquista del agua y de la Playa. Pueblo Nuevo del Mar / Cabañal: 1852-1911. En 1º Congreso de historia de la ciudad de Valencia (S. XIX-XX): En trànsit a gran ciutat, 1988, Valencia. Valencia, Ayuntamiento de Valencia, T III: 1.3.1-1.3.13.

Sánchis, S. 2017. Catálogo de faros con valor patrimonial de España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Instituto del Patrimonio Cultural de España. Madrid

VV. AA. 1983. Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana. T II, Valencia. Consellería de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalidad Valencia. Servicio de Patrimonio Histórico.

Ingeniería constructiva carmelita para el manejo y aislamiento hídrico, en el Santo Desierto de Santa Fe, México

Tarsicio Pastrana Salcedo

En el poniente de la Ciudad de México en Santa Fe se ubica el que fuera Santo desierto Carmelita en el virreinato de la Nueva España, con periodos constructivos entre los siglos XVI y XVIII, hoy en día es un parque nacional conocido como Desierto de los leones, en medio de la zona boscosa es posible encontrar el edificio principal y las ermitas de retiro.

En el edificio carmelita parcialmente en ruinas, podemos observar los sistemas de manejo hídrico, captación de agua de lluvia, canales, tuberías, ductos y depósitos que permitían que los usuarios aprovecharan el agua y la distribuyeran por los sitios necesarios. La presente propuesta se centra en la manera de construir estos espacios y en sus sistemas constructivos particulares, principalmente en el manejo y funcionamiento del núcleo de servicios en torno a la cloaca, las letrinas, los huertos y jardines, que presentan una solución hidráulica sumamente original, de manera paralela a las canalizaciones existen soluciones interesantes para mantener el espacio aislado y evitar que la alta humedad del sitio llegara a las zonas habitables, por ejemplo los casetones de ladrillo de barro que se construyeron en los rellenos de las bóvedas para mantenerlas aligeradas y aislar hídrica y térmicamente las áreas habitables, o la generación de un conjunto de bóvedas para separar la construcción del terreno a manera de «palafito pétreo» y generar el mismo efecto de aislamiento, por medio de circulación de aire; la propuesta se acompaña de diagramas, modelos tridimensionales virtuales, croquis y dibujos, todos estos utilizados a lo largo de la investigación como herramientas de análisis. El estudio de soluciones arquitectónicas de épocas pasadas proporciona datos para diseñar y adaptar sistemas similares en la actualidad que sean respetuosos con el medio ambiente

Introducción

El conjunto completo del desierto carmelita presenta múltiples soluciones técnico constructivas, sin embargo se eligió particularmente el núcleo de letrinas de la zona de clausura por las características particulares y los retos técnicos que se tuvieron que resolver en el sitio de la letrina comunal en cualquier circunstancia se justifica por la alta complejidad que representaba su diseño, el cual tenía que mezclar el manejo de agua, el aislamiento, la circulación del viento y las características propias de su volumen contenedor, a diferencia de los núcleos domésticos con un par de sitiales, los retretes en establecimientos conventuales estaban pensados para un mayor número de usuarios lo que aumentaban las dificultades técnicas, Magnusson (2001,269) menciona la importancia de los núcleos de letrinas dentro de la ingeniería, debido a que las órdenes religiosas, dedicaban recursos humanos y técnicos al diseño de complejos sistemas hidráulicos, para llevar el agua al interior de sus establecimientos y desalojar el agua, y de la relación tan profunda que existe entre una letrina y el agua podemos analizar la raíz etimológica *letrina* del latín *lavatrum* que alude

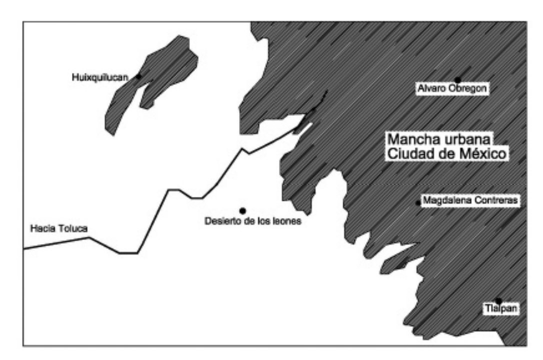


Figura 1
Detalle de la zona poniente de la Ciudad de México, se puede observar el sitio de estudio al centro. Elaboración propia.

a la higiene, después de defecar existían en los espacios de origen romano medios para procurar el lavado y mantener la higiene, de esta forma observamos que las soluciones técnico constructivas en espacios de estas características consideran al agua como un elemento de suma importancia.

El lugar y sus características

El Santo Desierto de Cuajimalpa en las inmediaciones de la Ciudad de México puede considerarse como un ejemplo técnico constructivo notable, debido a que, aunado al sitio y sus complicaciones se encuentran factores como el carisma de la orden y las características constructivas, siendo la humedad y los relieves en el sitio uno de los factores más importantes, esto determina que a la par de la construcción del edificio se genere un sistema de circulación y captación de agua que se incrusta en el edificio. Esta construcción estaba diseñada para convivir y adaptarse con el medio ambiente frio, húmedo y con características topográficas peculiares.

Fray Agustín de la Madre de Dios (1986) cronista de la orden cita algunos de los argumentos para su construcción: «Fue que se diese licencia para fundar un Yermo a donde se pudiesen retirar los que fuesen a China y Californias y adonde adquiriesen armas para las fuertes peleas, porque las labra muy finas el retiro y soledad» los factores climáticos y regionales ya llamaban la atención de los cronistas recurriendo al mismo Agustín de la Madre de Dios explica la razón del nombre Desierto de los leones: «Porque en aquella era una tierra inhabitable en la cual había muchas tempestades y muchos leones» (De la Madre de Dios 1984,46) aquí también la mención a la presencia de agua.

Se hace énfasis en la hidráulica de la zona porque determina gran parte de las soluciones que ha detalle se observaran más adelante por ejemplo, tres cauces de ríos pasan en la cercanía del edificio, de la misma crónica se toman fragmentos que describen las condiciones de humedad en el sitio: «Solo nos descontento el no haber agua en él; porque aunque en lo bajo del sitio habíamos pasado por un rio de mucha y muy buen agua, la cual venia por los dos lados del cerro, parecíamos que era imposible que el agua pudiese subir a lo alto del sitio«…¡Ah, Padres, que aquí suena mucha agua y a cuatro pasos vimos un muy grande arroyo de agua la cual tomaban unos indios del rio para llevar a un pueblecito suyo que se llamaba San Pedro Cuajimalpa» (De la Madre de Dios 1984,45)

De las anteriores crónicas encontramos que el bosque donde se ubica el desierto de los leones tenía tres cursos de agua cercanos, además de presentar lluvias y tormentas constantes, de hecho la precipitación pluvial anual en la zona hoy en día está entre los 1200mm y los 1600mm anuales (Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa de Morelos 1994) esto sin contar los múltiples manantiales que quedaban en el terreno.

Es importante mencionar que en la mayoría de los sistemas hidráulicos el agua se acumula en un estanque general, para de ahí distribuir por gravedad el líquido entre las diferentes dependencias Cabe mencionar en relación a los tanques de almacenamiento generales que es de donde parten los diseños de sistemas hidráulicos que en el caso del santo desierto no se construyó ninguno, y esta , sin embargo en el Santo Desierto este tanque no se encuentra, esto también determina gran parte del sistema que debe canalizar y conducir agua de los sistemas con los que se contaba, los ríos ya mencionados y el agua de lluvia esta condición determina la fuente hidráulica que será utilizadas en las letrinas. En relación a los tanques de almacenamiento general se pueden observar solamente a manera de ejemplo, también en establecimientos carmelitas, los de San Joaquín y San Ángel ambos en la Ciudad de México, con diferentes niveles de conservación, el primero casi completo en me-

dio del actual panteón francés de Legaría, el segundo solamente algunos muros y restos integrados a una construcción más reciente.

La razón por la que los carmelitas no podían almacenar agua y esto al final provoca la ausencia de almacenamientos y por consiguiente los sistemas de conducción tienen que ver con las características de la Merced de agua otorgada, Guzmán (2013, 53–61)) cita el texto:

> […] aunque nos hicieron merced de todas las tierras que poseemos, no se hizo de las aguas […] fuimos condenados a que teniendo el uso de las dichas aguas como lo tenemos y las gozamos en todas las oficinas del convento, huertas y todo lo demás […] no las podemos retener, ni encarcelar como cosa propia, sino que habiendo usado de ellas […] todos sus remanentes vayan al río para que sirvan a los labradores fuera del sitio, con lo que se declaró envista y revista que no tenemos la propiedad sino el uso […].

Era común que se concediera a las órdenes religiosas mercedes de agua para su usufructo, sin embargo estas eran condicionadas a un beneficio público otro ejemplo del condicionamiento lo encontramos en la antigua Puebla (Carabin 2000) la merced de agua concedida a los franciscanos también presentaba restricciones, de la misma forma se amplían las descripciones con respecto a las mismas condicionantes para dominicos y agustinos. Magnusson (2001) menciona también las obras publicas para laicos dentro de los sistemas hidráulicos diseñados por religiosos, esta es la razón por la que el agua utilizada en el edificio se reincorpora a los causes de agua naturales incluida la que pasa por el sitio que se está analizando, de esta forma se reintegra y puede ser utilizada por las comunidades. Así pues observamos como característica particular del sitio un diseño para circulación constante de agua, al ser el agua vital para el sistema que se va a describir esta condición genera cambios con respecto a otros sistemas similares.

El objeto de estudio

El edifico se encuentra en la cima de una loma en una región boscosa, esta condición era de importancia ya que estaba alejado de las poblaciones y de los caminos. El espacio central del conjunto de análisis está formado por tres secciones, la primera de ellas destinada a la hostería; la segunda a un conjunto de servicios generales, donde se puede encontrar la cocina, el refectorio, la peluquería, un primer núcleo de letrinas destinado a la zona de la hostería y la de servicios, entre otros espacios; la tercera es la zona de la clausura, formada por algunas celdas individuales con huerta particular y acceso a la huerta general, capilla y templo, camino procesional entre otros espacios, distribuidos alrededor del templo y de un gran claustro.

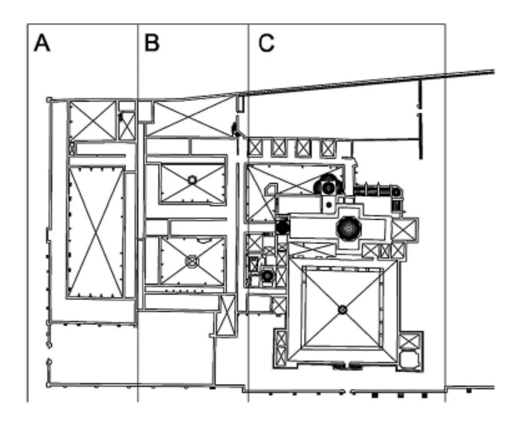


Figura 2
Seccionamiento del antiguo desierto en tres zonas: A. hostería, B. Zona de servicios, C Zona de clausura. Elaboración propia.

En este punto es importante especificar la nomenclatura que se utilizara en este trabajo para definir los espacios de análisis. En el caso de una letrina, se forma de dos espacios principales y muy definidos, el habitáculo, que es donde se encuentran los sitiales y la cloaca que en diferentes tamaños y medidas tiene la función de desalojar el detritus, esta tiene que ubicarse en la parte inferior y se buscaba que tuviera circulación de agua. En cuanto al habitáculo recibe diferentes nombres: comunes, lugares comunes y oficios humildes estos son nombres populares utilizados durante el virreinato en la zona central de México. Una habitación con tinas para bañarse se denominaba placeres en alusión a lo placentero de esta actividad, generalmente se podían encontrar en cercanía de los núcleos sanitarios por el manejo común del agua.

Hablemos ahora del núcleo de letrinas en el Santo Desierto, en la zona de clausura el espacio se configura en torno al templo y a un gran claustro, en el ex-

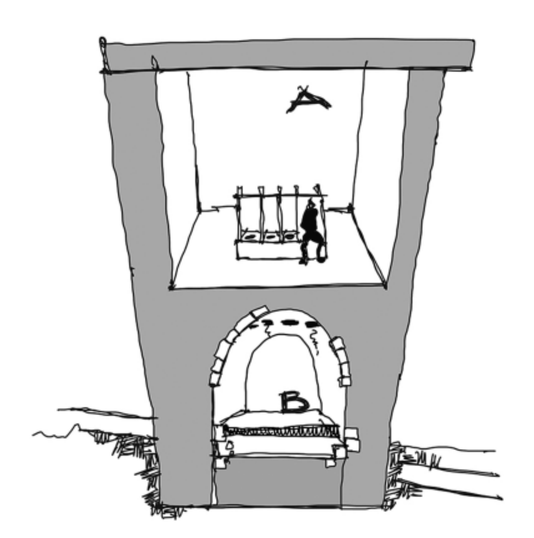


Figura 3
Esquema de una letrina. A. Habitáculo. B. Cloaca. Elaboración Propia

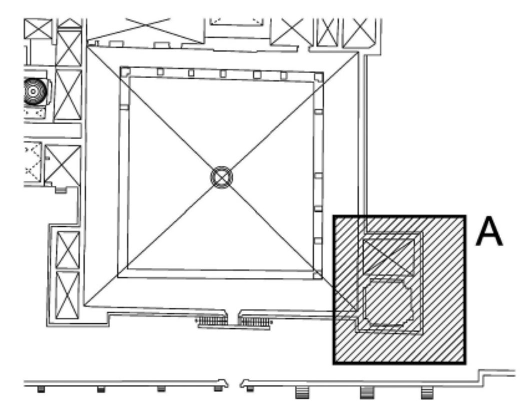


Figura 4
Con la letra A se marca la ubicación en la esquina del claustro principal de los espacios de análisis. Elaboración propia.

tremo Nor-oriente de este gran claustro y de manera aislada del resto de los espacios se encuentra el núcleo de letrinas que daba servicio a los habitantes de las celdas individuales de clausura, el módulo de análisis tiene una planta de 8.6 × 7.6 m a paños exteriores, con un alzado de 4.7m al nivel de piso del habitáculo y 10.73 hasta la corona de los muros del conjunto, se debe aclarar que el techo del habitáculo ha desaparecido por lo que la medida se tomó a la corona de los muros existentes.

Este esquema de construcción es común en muchos núcleos de letrinas como un apéndice de la

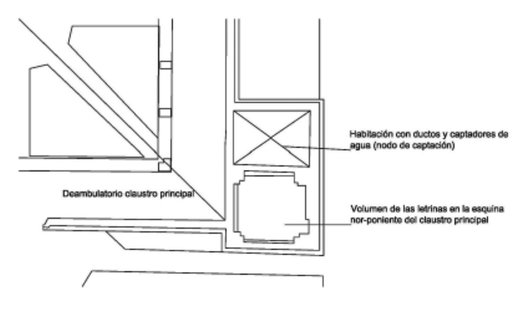


Figura 5
Planta del espacio de análisis, el área marcada como nodo de captación es un sistema al que llegan diversos canales que captan el agua de diferentes zonas y las canaliza hacia la cloaca.



Figura 6
Fachada norte del conjunto con el volumen de las letrinas del lado izquierdo.

construcción principal y permite mantenerlo aislado del resto de la construcción, generalmente una pared es la que se convierte en elemento común, las otras tres son independientes, Nile Ordorika (1998,118) en su análisis del colegio de San Ángel ya apuntaba esta particularidad: «En el plano de Fray Andrés de San Miguel, un cuerpo que se desprende del conjunto a manera de apéndice y en el que se encuentran los comunes o letrinas en número de doce, espacio circundado por ventanas que permitían una buena ventilación» También es común que este módulo adosado se inserte en territorio que antiguamente era la huerta, ya que los canales de entrada y salida del agua son tomados y reincorporados a un sitio con circulación constante, por los sistemas de riego que se incorporaban para el funcionamiento y productividad de estos espacios. En el análisis de sistemas similares se puede observar esta particularidad, este apéndice suele construirse con la intención de mantenerse aislado de las áreas habitacionales, en diferentes conjuntos analizados encontramos esta solución, en los antiguos colegios Jesuitas en Tepotzotlán Estado de México, en el antiguo convento dominico de Yanhuitlán, Oaxaca, en el antiguo convento dominico en Tepoztlán Morelos, incluso en el antiguo convento agustino de Cuitzeo en el Estado de Michoacán el modulo completo de las letrinas esta aislado de la construcción y se accede a ella por la azotea de un edificio de servicio que funciona como pivote.

También es común encontrar en grandes conjuntos el habitáculo en planta alta y la cloaca en planta baja, este modelo generalmente se hacía cuando el nivel freático era superficial, lo que impedía la construcción de pozos negros ya que estos se anegaban y evitaban la descomposición de los detritus aumentando el mal olor y acercando los deshechos al cuarto de las letrinas (Rybczynski 2006,66) para reafirmar este punto es importante comparar la construcción de letrinas en la ciudad de Antigua Guatemala con la ciudad de México al contar con dos ríos de flujo constante (no estacional) y un suelo más resistente, las letrinas cuando se construyen para un número reducido de ocupantes van en planta baja , garantizando la higiene con la circulación constante de agua. Un ejemplo del tamaño que llegaban a alcanzar las cloacas, lo podemos ver en el Antiguo convento Dominico en la ciudad de Oaxaca, el espacio actualmente alberga un auditorio con más de 10 metros de altura.

En el caso de las letrinas del santo desierto la cloaca ocupa un mayor volumen que el espacio del habitáculo, lo que permite que los aromas se desalojen por las circulaciones de aire que se generan, la cloaca presenta una pendiente de 1.12m en 7.6m de desarrollo, esto con el fin de generar la fuerza suficiente en la circulación de agua para arrastrar los deshechos. Sobre el suministro de agua y el flujo constante Guzmán (2013,53–61) menciona «…de 1735. En ella el autor señala que el oficio humilde era una pieza bien aseada y que en los bajos de éste corría un chiflón de agua «[…] con tanta rapidez como la de un molino llevándose las inmundicias […]» Si la corriente de agua era constante y el autor de la descripción la comparaba con la de un molino la acumulación de detritus era nula, manteniendo el espacio limpio y sin acumulaciones excesivas.



Figura 7
Vista del canal de desalojo en el interior de la cloaca. Fotografía propia 2012

Otro factor a considerar es el volumen interior el de la cloaca ronda los 312m^3 contra los 180m^3 estimados en el habitáculo esto también permite una cámara de aire que al estar sujeta a circulación facilita que los aromas no asciendan al espacio superior, por lo que se puede observar era un conjunto muy bien diseñado que consideraba el manejo de los aromas y de los deshechos además de canalizar agua de manera regular tomando en cuenta la abundancia del vital líquido y la necesidad de reintegrarlo a los causes.

El sistema constructivo es de sumo interés, al encontrarse en una planta alta, el espacio inferior permite el manejo del agua y por supuesto de los olores



Figura 8
Vista de las bóvedas que separan la cloaca del habitáculo, en ella se puede observar los orificios de los ocho sitiales. Fotografía propia 2012

con mayor precisión que en las que se encuentran a nivel de planta baja. El sistema de cubierta en el entrepiso es bóveda de arista, presenta una altura aproximada de 5.5m a las claves, al centro del espacio la cloaca encontramos un canal con una pendiente pronunciada de la que ya se habló en párrafos anteriores, que se ensancha en la parte central, la salida y la entrada de este canal son iguales mientras que la parte central aumenta al doble, de un lado encontramos un depósito de agua y en la esquina un tiro que comunica directamente con el habitáculo.

El habitáculo que en la actualidad solo presenta ocho orificios –siete circulares y uno cuadrado– que corresponden con los espacios de cada sitial, mezcla la comodidad y la higiene, ya que captaba agua de lluvia para llenar unos pequeños depósitos y poder asearse las manos.

En su momento de funcionamiento óptimo tenía un banco al centro seguramente con tapas de madera, orificios coincidentes con los que sobreviven en el piso y divisiones construidas sobre el banco. Esto permitía privacidad si más de una persona estaba haciendo uso de la letrina. En una de las esquinas existía un depósito de agua, que con alta probabilidad funcionaba para la higiene y un tiro que permitía desalojar el agua hacia la cloaca que ya hemos descrito. La construcción de las divisiones y los muretes para sostener los bancos, debió ser de tabique de barro, encalado, con los asientos de madera, nada de esto existe en la actualidad, se intuye la construcción por los restos encontrados en las bases de donde estuvieron los muros, formados por ladrillo y tabique de barro.



Figura 9
Vista de los orificios que correspondían a los sitiales en el habitáculo. Se puede observar el sistema de forjado a base de tabique de barro. Fotografía propia. 2012.



Figura 10
Detalle constructivo de los muretes que soportaban los sitiales del habitáculo. Fotografía propia 2012.

En cuanto al sistema constructivo de la cloaca y los comunes se describe a continuación: los muros perimetrales están realizados en cal y canto y presentan espesores variables derivado de las diferentes funciones estructurales, en la cloaca los muros son de 57 cm en la cara oriente, 55 cm en la poniente, 120



Figura 11
Detalle del sistema constructivo para rellenar las aristas y aislar térmicamente el habitáculo. Fotografía propia 2012.

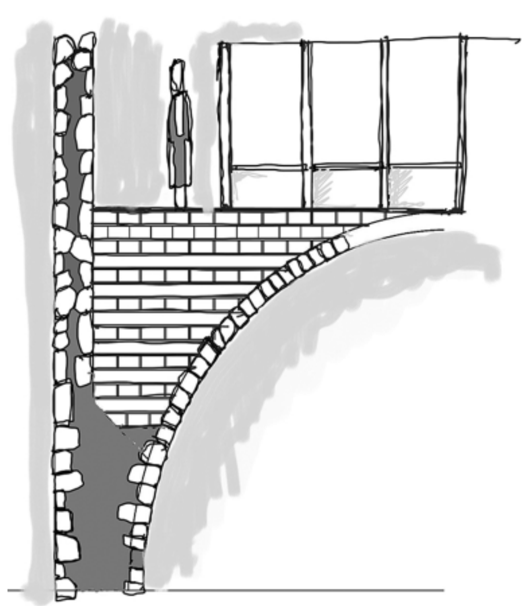


Figura 12
Croquis esquemático de sistema de relleno en las bóvedas. Elaboración propia.



Figura 13
Vista del estado actual del habitáculo. Fotografía propia 2012.

en la norte y 85 en la sur, en las esquinas a manera de contrafuertes que absorben los empujes de la bóveda de arista cuatro pilastras, en promedio de 90x90cm variando ligeramente de esquina a esquina, estas aparecen integradas a los muros siendo notoria su existencia porque sobresalen de los paramentos de los muros, la bóveda tiene los arcos claves construidos con sillares de piedra de proporción rectangular, la plementería se compone de piedra más ligera, y los rellenos de las aristas para nivelar el piso se realizaron con hiladas de ladrillo cubriendo camas en diferentes secciones, formando un espacio ligero y con múltiples cámaras de aire, este punto es el que genera aislamiento térmico, hídrico y aligeramiento de la bóveda.

Los sistemas de aligeramiento en los rellenos superiores de la aristas de las bóvedas eran comunes sobre todo cuando los empujes laterales eran absorbidos por contrafuertes y muros, encontramos en los tercios de las bóvedas que tienen que ser rellenados para dar nivel a la planta encima de ellas materiales que aligeren este peso, el material más común son las ollas, que generan espacios vacíos, por la forma esférica que tienen se distribuyen los esfuerzos y posteriormente los rellenos fraguan en torno a ellas. En este mismo orden de ideas si revisamos la construcción con la proporción sugerida por r Gil de Hontañon marcando que el muro debe ser 25% del claro, en relación con el espesor que deben tener los muros que cargan la bóveda, esta situación se cumple de manera parcial con los ensanchamientos en las esquinas y las pilastras sobre la que se desplantaron los arcos formero (Meli 1998,15) el ensanchamiento norte tiene 2.33m y el ensanchamiento sur 1.65, el claro es de 4.6 la medida mínima de los apoyos según la regla mencionada con anterioridad es 1.15.

En el caso del aislamiento hídrico considerando que el lugar en si es muy húmedo como ya se mencionó las ventilaciones que se realizan en la cámara inferior permiten proporcionar frentes de evaporación para la humedad ascendente, la cual no alcanza a llegar hasta el punto más alto que es el habitáculo. Adicionalmente para controlar los aromas existen dos mecanismos básicos, el primero la circulación constante de agua, la segunda las ventilaciones de la cloaca, en ambos casos el detritus y los olores salen hacia el exterior sin pasar por otras habitaciones, esto debido a la ubicación del espacio en el extremo del claustro.

La circulación de agua se complementa con un deposito lateral al espacio descrito el cual recoge agua de diferentes ductos y la canaliza hacia la cloaca, debido a las múltiples intervenciones que se han realizado es imposible ubicar las áreas desde las que se recolectaba el agua sin embargo debido a la ausencia de un tanque general se puede establecer la hipótesis de la recolección de agua de lluvia. De este nodo donde se concentraban varios ductos circulaba el agua hacia el ducto principal de la cloaca que recolectaba el detritus, para posteriormente por medio de un canal cubierto llevarlos a la ladera del bosque. Con respecto al espacio habitable, no existen vestigios del piso final con el que contaba, solo existen dos opciones, la última cama de ladrillo estaba aplanada y enlucida ya que se encontraron vestigios de este enlucido en amplias zonas del piso, lo que no es posible saber y si adicionalmente contó con un piso de madera por encima de los vestigios localizados.

Conclusiones

El ejemplo aquí mostrado aunque en un área pequeña muestra los factores que se tenían que tomar en cuenta en el diseño de un espacio en apariencia sencillo y cotidiano pero que incluía diversos factores para su correcto funcionamiento forma Kubler (1982) le da un papel notorio en sus estudios sobre arquitectura conventual del siglo XVI y menciona d referencias a la construcción de letrinas en varios conventos, como los de Cuilapan y Yanhuitlán en Oaxaca. Otra mención interesante a la construcción de las letrinas en Yanhuitlán tiene que ver con el personal técnico que las ejecuta, comandados por un especialista «Salazar», involucrado en la construcción de Cuilapan en el mismo estado de Oaxaca y en varias mejoras al convento de Yanhuitlán entre estas las letrinas (Vences 1989,504). La mención a este individuo en un cronista dominico tan importante como Burgoa denota la importancia que se le daba a este tipo de obras en la época de análisis. El considerar a «Salazar» un especialista denota que la construcción de letrinas no era cosa simple. En este mismo tema se puede revisar el proyecto para la construcción de unas letrinas en el convento de Santa Catalina en Valladolid hoy Morelia el plano es sumamente interesante debido a que contiene 28 sitiales divididos en dos espacios uno para novicias y otro para profesas

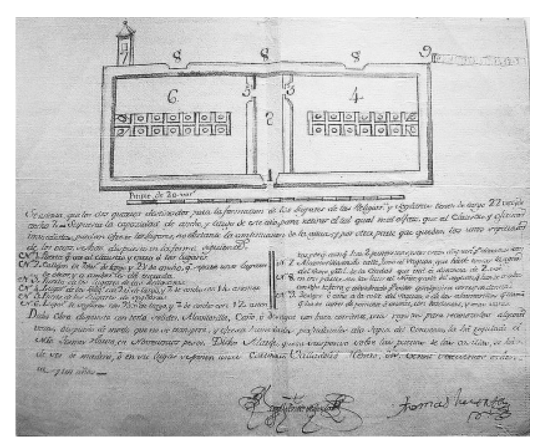


Figura 14
Plano para la construcción de unas letrinas en el convento de Santa Catalina en la antigua Valladolid, hoy Morelia. (Torres 2004,147)

además de especificaciones para evitar las humedades: «Dichas obras dispuestas con toda solidez, caño o desagüe con buen corriente, unos registros para reconocerlas algunas veces dispuestos de modo que no se evapore y aparezcan humedades perjudiciales a la tapia del convento» (Torres 2004,147) el proyecto está firmado por un arquitecto llamado «Thomas»

Rybczynski menciona la razón del diseño tan depurado en cuestiones higiénicas para monjes pone como ejemplo a la orden del cister, «la higiene era importante para los cistercienses tan preocupados por la eficiencia» (Rybczynski 2006,40) la descripción de ubicaciones de diferentes espacios como las tinas de baño que eran de madera y la ubicación de las letrinas en un área junto al dormitorio, lo más interesantes es el manejo del agua: «Las aguas residuales de esas instalaciones salían por conductos cubiertos que de hecho eran alcantarillas subterráneas» (Rybczynski 2006,40)

La existencia de especialistas para la construcción y diseño nos muestra lo complejo que significaba diseñarlas y construirlas, quedan abiertas las líneas para analizar más ejemplos de los que todavía sobreviven.

Lista de Referencias

Carabarin Gracia, Alberto. 2000. *Agua y confort en la vida de la antigua Puebla.* Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología

Magnusson, Roberta J. 2001. *Water Technology in the middle Ages: Cities, Monasteries, and Waterworks after the Roman Empire*. Oklahoma: Johns Hopkins University Press.

De la Madre de Dios, Fray Agustín. 1986. *Tesoro Escondido en el monte Carmelo mexicano*. Báez Macías, Eduardo. Versión paleográfica, introducción y notas. Ciudad de México: UNAM.

Kubler, George. 1982. *Arquitectura Mexicana del siglo XVI*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Meli, Roberto. 1998. *Ingeniería estructural de los edificios históricos*. Ciudad de México: Ingenieros Civiles Asociados.

Ordorika Bengoechea, Nile. 1998. *El convento del Carmen de San Ángel*. Ciudad de México: Facultad de Arquitectura-UNAM.

Rybczynski, Witold. 2006. *La casa Historia de una idea*. Donostia: NEREA.

Torres Vega, José Martín. 2004. *Los conventos de monjas en Valladolid de Michoacán, Arquitectura y Urbanismo en el siglo XVIII*. Morelia: Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaria de urbanismo u Medio ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Históricas.

Vences Vidal, Magdalena. 1989. Notas para la arquitectura de la evangelización en el valle de Oaxaca. En: Barrado Barquilla, José. (Editor). *Actas del II congreso internacional sobre los dominicos y el nuevo mundo, Volumen 2*. Salamanca.

Guzmán Monroy, Virginia 2013 El sistema de distribución de agua en el santo desierto de los leones. En: *Boletín de monumentos históricos* tercera época, núm. 27, enero-abril 2013

Sistemas constructivos de relleno de subestructuras en la arquitectura Maya. Las acrópolis de La Blanca y Chilonché (Petén, Guatemala)

Andrea Peiró Vitoria
Rosana Martínez Vanaclocha

Los mayas, al igual que otras culturas mesoamericanas, acostumbraban a construir sobre lo construido. A la hora de erigir un nuevo edificio lo hacían sobre otros de época anterior que quedaban embebidos en su interior formando parte de su basamento y sus cimientos. En el campo de la arqueología maya, estos edificios que se conservan en el interior de edificaciones más tardías se conocen como subestructuras. Éstas son una gran fuente de información, ya que al no haber permanecido a la intemperie, se encuentran en el estado originario en que fueron enterradas y, en muchos casos, conservan en buen estado los elementos ornamentales y el recubrimiento de estuco de sus fachadas (Muñoz Cosme 2006, 42; Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2010, 101).

El hecho de que existan construcciones anteriores bajo los edificios que han llegado hasta nuestros días supone que tenemos *capas estratigráficas* que cuentan la historia evolutiva de estas ciudades, aunque en su gran mayoría aún desconocida hasta el momento. Uno de los sitios donde se puede llegar a entender mejor este concepto de superposición constructiva es en Copán, donde el lado este de la Acrópolis del Grupo Principal fue destruido por uno de los meandros del río dejando a la vista el conocido *corte arqueológico de Copán* (figura 1), donde se revela parte de la evolución constructiva del conjunto (Peiró Vitoria 2016, 75).

Hay que reconocer la gran complejidad que supone estudiar la evolución de estos conjuntos arquitectónicos a través del tiempo, ya que en muy pocos casos se tienen datos suficientes sobre sus fases constructivas previas. Sólo en algunos sitios, donde se han realizado investigaciones específicas sobre las subestructuras de sus conjuntos principales y se han llevado a cabo estudios exhaustivos de datación durante los trabajos de excavación arqueológica, se conoce parte de su historia.

El estudio de sitios como Tikal, Copán, Becán, Uxmal o Yaxchilán han sido claves para avanzar en el conocimiento sobre esta práctica constructiva. Pero cabe decir que aún falta mucho por saber y que en la actualidad se sigue progresando en el descubrimiento de estas subestructuras. Como ejemplo de ello, en 2014, el arqueólogo José Huchim, responsable actual de las investigaciones realizadas en Uxmal por el Instituto Nacional de Antropología e Historia de México (INAH), comunicó el hallazgo de una subestructura del Palacio del Gobernador de estilo Pucc Temprano, enterrada bajo el basamento escalonado, en la que se observa un arco rellenado por los propios mayas de similares dimensiones al del palacio superior. A pesar de que la existencia de esta subestructura ya fue reportada por Gann en 1924 (Andrews 1986, 87), hasta el momento no se había realizado una excavación de tales dimensiones como para conocer el estado y magnitud de esta (Peiró Vitoria 2016, 266).

Pero quizás de todos los casos conocidos y estudiados hasta el momento, el más emblemático sea el del Templo 16 de la Acrópolis de Copán. De este edificio se conocen siete subestructuras enterradas

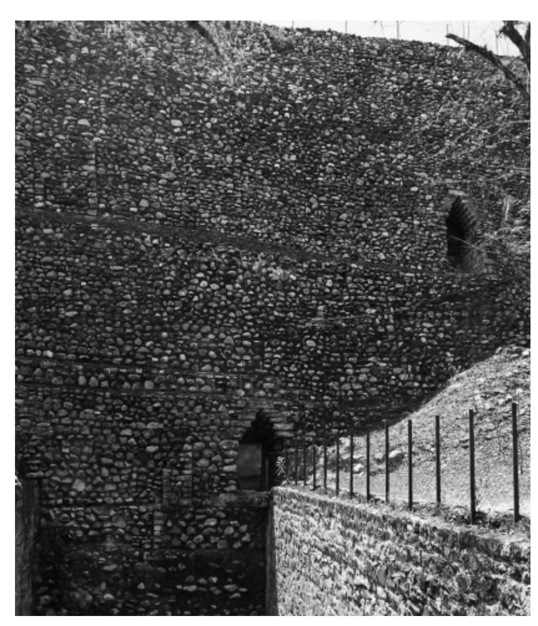


Figura 1
El corte arqueológico de Copán. Fotografía de 2015.



Figura 2
Reconstrucción del edificio Rosalila, subestructura del Templo 16 de la Acrópolis de Copán, que se encuentra en el museo del sitio arqueológico.

bajo su última versión, entre las que destaca la conocida como Rosalila, por estar cuidadosamente enterrada en toda su magnitud, incluyendo la crestería (figura 2).

Según la historia dinástica y política de Copán, reconstruida en gran parte gracias a los datos epigráficos de los monumentos escultóricos del sitio, es el primer gobernante fundador de Copán, Yax K'uk' Mo', quien realiza las primeras obras del Grupo Principal, estableciendo las localidades rituales más importantes, una de ellas, la primera versión del Templo 16 conocida como Hunal (figura 3). Durante el mandato de su sucesor, Popol Hol, se realizan obras de gran envergadura en el área central e inicia un culto de veneración a su padre. Tras enterrarlo en el piso de Hunal, arrasa con la parte superior del edificio y construye sobre él la plataforma Yehnal. Posteriormente erige sobre ésta la estructura conocida como Margarita, en la que se encontró la tumba de una mujer que probablemente era la esposa del fundador. En los mandatos siguientes se construyen dos fases más de este templo, conocidas como Celeste y Oropéndola. Pero fue el décimo gobernante de Copán, Jaguar Luna, quien construye la sexta versión del edificio 16, el famoso templo Rosalila, y el siguiente gobernante, Waxaklajuun Ub'aah K'awil, quien encajona respetuosamente al Rosalila, protegiendo incluso su crestería, para construir un nuevo edificio de mayores dimensiones conocido como estructura Púrpura. Por último, bajo el mandado del decimosexto gobernante, Yax Pasaj Chan Yoaat, se realiza la última versión del Templo 16 con el conocido altar Q al frente, en el que aparecen esculpidos los dieciséis gobernantes del linaje real de Copán (Martin y Grube 2002: 193–210; Peiró Vitoria 2016, 113–114).

Como vemos, esta forma de hacer evolucionar la arquitectura, además de ser una práctica constructiva de economía de esfuerzos y recursos que permite conseguir en la nueva edificación un volumen mucho mayor con menor esfuerzo, también contiene una componente simbólica muy importante. En algunos casos, los edificios eran tratados como reliquias (Wagner 2016), considerando en este caso que una reliquia «no es un mero símbolo o indicador de la presencia divina, es una encarnación real de la misma» (Walsan 2010, 12). Esto se observa especialmente en edificios de carácter ceremonial, como es el caso del Templo 16 de Copán. Cuando un gobernante mandaba construir una nueva versión de un templo anterior era una forma, por un lado, de rendir culto a sus antepasados, y por otro, de hacer

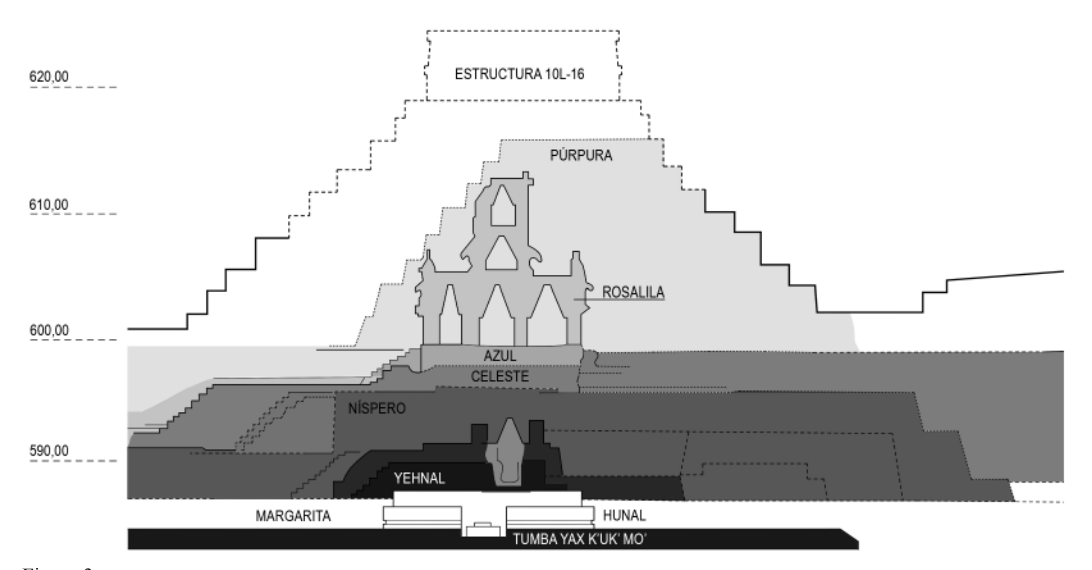


Figura 3
Sección transversal de la Estructura 10L-16 de Copán. Modificado del dibujo de Barbara Fash (Agurcia y Fash 2005, figura 6.1), realizado originalmente por Rudy Larios y Fernando López para el Proyecto Arqueológico en la Acrópolis de Copán.

constar su vínculo dinástico legitimando así su poder frente al pueblo.

En esta práctica constructiva, lo habitual era rellenar y clausurar el edificio antiguo antes de cubrirlo para construir sobre él. Pero como se observa en las subestructuras del Templo 16 de Copán, la forma de proceder y el tratamiento que se le da a esa edificación más antigua es diferente en cada caso. Algunos edificios se respetan, se protegen y se cubren en su totalidad, como ocurre con el Templo Rosalila, y en otros casos, se desmantela o destruye parte del edificio, como en la subestructura Hunal, probablemente con un doble objetivo, construir el nuevo edificio sin condicionantes de forma y utilizar el material para la nueva construcción.

El análisis de los sistemas que se empleaban en el proceso de rellenado y clausura de estas subestructuras, partiendo de datos actuales, pueden ser de gran ayuda para avanzar en el conocimiento sobre esta forma de construir sobre lo construido.

El relleno constructivo en las subestructuras de la Acrópolis de La Blanca

El sitio arqueológico de La Blanca se sitúa en la cuenca del río Mopán, en el Departamento de Petén, Guatemala. En el año 2004 dieron comienzo los trabajos de prospección arqueológica y levantamiento del sitio por el Proyecto La Blanca, un proyecto de la Universitat de València, Universitat Politècnica de València y Universidad San Carlos de Guatemala, dirigido por la doctora en arqueología Cristina Vidal Lorenzo y el doctor arquitecto Gaspar Muñoz Cosme, y que a lo largo de estos años ha contado con el apoyo financiero del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes de España, el Ministerio de Economía y Competitividad, Forum UNESCO, la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo y la Fundación Príncipe Claus de Holanda.

El conjunto arquitectónico principal del sitio es la Acrópolis, que está compuesto por un gran basamento escalonado de ocho metros de altura, sobre el que se disponen edificios alargados de tipología palaciega creando un cuadrángulo con un patio interior de 1000 metros cuadrados aproximados. Bajo la última fase constructiva de este conjunto, de detectaron varias subestructuras, la más espectacular y accesible, en el basamento del ala oeste de la Acrópolis.

Las investigaciones sobre estas subestructuras se iniciaron en la campaña 2009, documentando el túnel de saqueo existente en el extremo norte de esta fa-

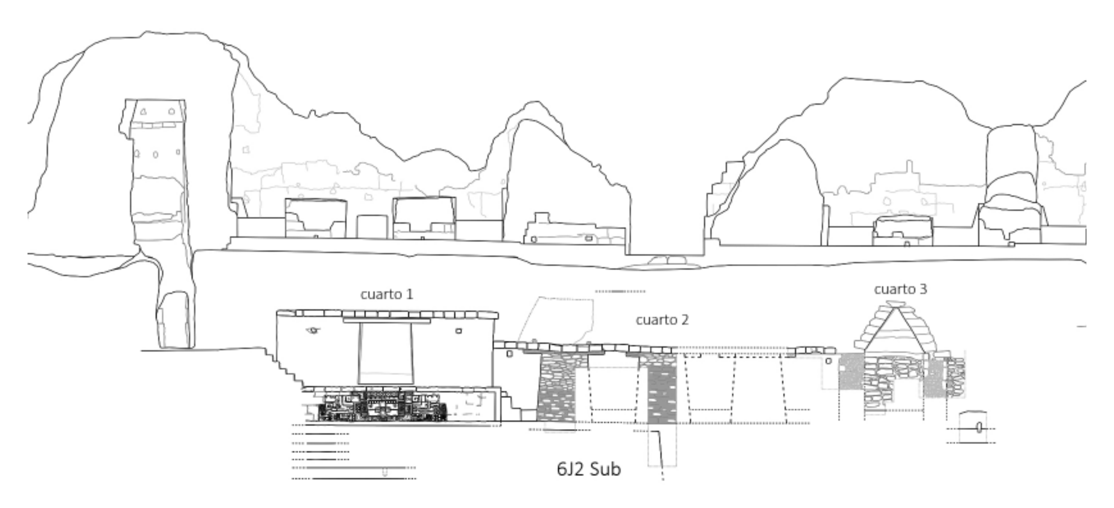


Figura 4
Alzado del ala oeste de la Acrópolis con la subestructura 6j2 Sub. PLB 2015.

chada (Muñoz Cosme, Gilabert Sansalvador y Herguido Alamar 2015, 261–262). Desde el año 2011 se está investigando el edificio denominado 6J2 Sub (figura 4), documentando rigurosamente el relleno utilizado del interior de las estancias, antes de ser retirado para el estudio del edificio.

En las últimas temporadas de campo se están investigando los tres cuartos que forman este conjunto y se ha podido observar que se utilizaron técnicas diferentes en el sistema de rellenado de cada cuarto, además de recibir diferente tratamiento en el proceso de sellado y clausura de los mismos.

El cuarto 1 fue desprovisto por los mayas de la bóveda que lo cubría y clausurada su puerta mediante sillares de piedra caliza cuidadosamente colocados (figura 5). Al retirar estos sillares, en todo el vano, aparecieron piedras de tamaño variable trabadas con cal (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2015, 23–62). Ya en el interior de la estancia, durante el proceso de vaciado del cuarto se documentó un relleno compuesto por piedras de tamaño mayor a las encontradas en el vano, en la parte superior a la altura de la cornisa se registraron varias franjas de piedra de río y a nivel de piso del cuarto se localizaron algunos sillares. Pero quizás uno de los aspectos más interesantes en este caso fue el hallazgo, a la altura de la jamba sur, de un muro bastante formal, sobretodo en su parte inferior, que parece haber sido construido para subdividir el espacio durante el proceso de rellenado de la estancia.

El cuarto 2, contiguo al anterior hacia el lado sur, es totalmente diferente. Se trata de un edificio alargado con tres puertas construido en un nivel más bajo.

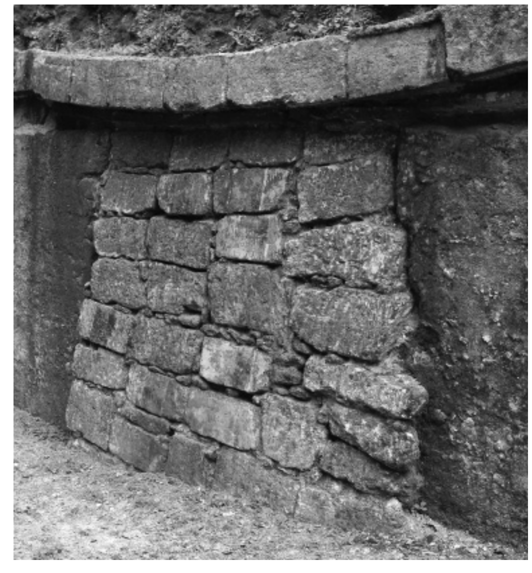


Figura 5
Puerta clausurada del cuarto 1 del 6J2 Sub. PLB 2015.

El sellado de sus vanos fue realizado con mampuestos de tamaño regular y resulta ser menos formal que el del cuarto 1. Pero a diferencia de éste, conserva su bóveda al completo, aunque según se registró en la temporada de campo de 2016, algunas de sus claves y dovelas fueron retiradas por los propios mayas con la finalidad de terminar de rellenar el espacio desde su parte superior (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2016, 27–53). Cabe decir que en la reciente temporada de 2017, en la que se ha continuado con el proceso de investigación de esta subestructura, se ha registrado un muro auxiliar, como el del cuarto 1 pero de menor altura, que probablemente fue construido con el mismo fin.

El cuarto 3 tiene una disposición este-oeste, perpendicular a las otras dos estancias, y en este caso, fue seccionado y clausurado formalmente con un muro de sillares de tosca factura. Curiosamente, en la parte inferior de ese muro se colocó un sillar labrado, reutilizado de algún otro edificio ya desaparecido, con un glifo que parece estar situado boca abajo, aunque no se sabe si puede tener un significado simbólico o no (figuras 6 y 7).

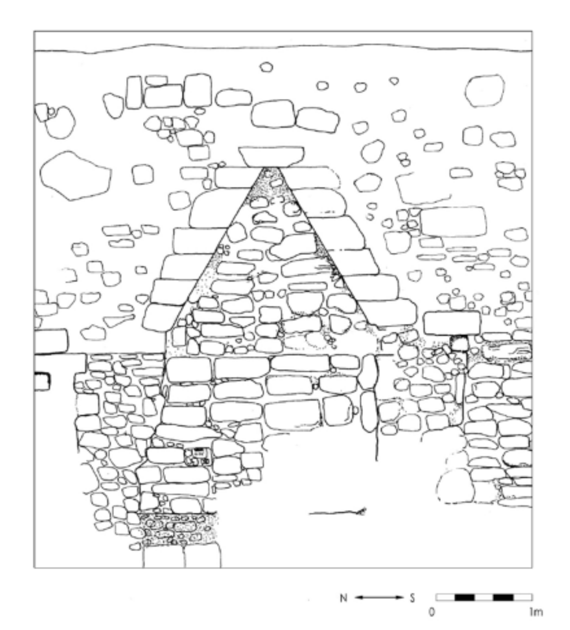


Figura 6
Dibujo del alzado del cuarto 3 seccionado de la subestructura 6J2 Sub de la Acrópolis de La Blanca. PLB 2016.



Figura 7
Bóveda seccionada del cuarto 3 del 6J2 Sub de la Acrópolis de La Blanca. PLB 2016.

El sistema de relleno empleado en el Palacio de la Acrópolis de Chilonché

Desde el año 2009, el Proyecto La Blanca investiga también Chilonché, que es un sitio arqueológico situado diecisiete kilómetros al sureste de La Blanca. La calidad de sus vestigios arquitectónicos y su monumental Acrópolis (figura 8) demuestran que fue un centro importante en su época de auge.

Lamentablemente, el sitio ha sido víctima de numerosos saqueos y el basamento de su Acrópolis se encuentra atravesado por varios túneles que excavaron los expoliadores. Fue a través de esos túneles que se detectaron varias subestructuras de épocas anteriores, una de ellas con una monumental escultura zoomorfa, conocida como *el mascarón de Chilonché* (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2015, 208).

En el año 2011 se excavaron varias estancias del Palacio 3E1 del ala norte de la Acrópolis (figura 9), entre ellas, los cuartos 5 y 6, éste último conocido como *el cuarto de las pinturas* porque en él se hallaron unas pinturas murales de gran calidad que recubren las paredes estucadas del habitáculo (véase Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 84–91).

Ambos cuartos fueron rellenados intencionalmente por los mayas, probablemente para ser clausurados y



Figura 8
Fotografía del ala norte de la Acrópolis de Chilonché. PLB 2011.

construir sobre ellos una nueva fase constructiva de ampliación de la Acrópolis. Como se puede observar en el plano, el *cuarto de las pinturas* es una estancia interior del palacio a la que se accede a través del cuarto 5. Así pues, se realizó una excavación conjunta, por fases, de ambos cuartos. Durante todo el proceso se pudo observar que su rellenado se hizo de forma sistemática y muy organizada.

En el relleno del cuarto 5 se registraron tres muros auxiliares que compartimentan el espacio, dos en sentido este-oeste y otro en sentido norte-sur. Estos muros estaban construidos con sillares labrados reutilizados que apoyaban directamente sobre el piso del cuarto, con una altura máxima que llegaba hasta 80 centímetros por debajo del arranque de la bóveda (figuras 10 y 11). Entre dichos muros, se construyeron otros compartimentos rectangulares de piedra, de 20 a 30 centímetros de lado, en los que se insertó el material de relleno propiamente dicho, compuesto por piedras irregulares mezcladas con barro y cal. Estos compartimentos se remataban con grandes lajas de piedra a modo de tapa (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 87).

En el muro sur del cuarto 5 se halló la puerta que comunicaba las dos estancias, un vano de 0’90 metros de ancho con una altura de 1’61 metros desde el piso hasta la huella del dintel. Al igual que ocurría con las estancias de la subestructura de La Blanca, se encontraba sellado, en este caso, por un muro construido con sillares labrados reutilizados de diferente tamaño.

Durante la excavación del cuarto 6, el *cuarto de las pinturas,* también se documentó la construcción de cuatro muros guía, tres dispuestos en dirección este-oeste, con una separación entre ellos de aproximadamente 70 centímetros, y el cuarto, de norte a sur. La parte baja de estos muros, hasta la altura de la banqueta, estaba formada por grandes rocas calizas, y en su parte alta, hasta llegar el arranque de la bóveda, por sillares reutilizados (figura 12). Entre estos muros auxiliares, al igual que en el cuarto anterior, se construyeron compartimentos rectangulares de menor tamaño donde se insertaba el material de relleno propiamente dicho.

En el sector sur del cuarto, el relleno llegaba hasta la altura de la tapa de la bóveda. Cuando se vació, se pudo observar que parte del muro sur de la bóveda estaba desmantelado y se encontraba sellado hasta la tapa con el propio relleno en el que aparecieron varias dovelas (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 89–91). Esto hace plantearse la hipótesis de que se desmontó parte de esa bóveda para terminar de rellenar el cuarto desde el exterior, al igual que ocurría en el cuarto 2 de la subestructura 6J2 Sub2 de La Blanca.



Figura 9
Planta del edificio 3E1 de la Acrópolis de Chilonché. PLB 2013.

Consideraciones finales

Como podemos ver en los casos estudiados en las subestructuras de La Blanca y Chilonché, el proceso de relleno de sus cuartos fue realizado de forma muy cuidadosa y sistemática, construyendo muros auxiliares para acotar el espacio de relleno.

Esta forma de proceder podría recordar al sistema de encajuelado o sistema celular que empleaban los mayas en la construcción a gran escala de las enormes plataformas y basamentos escalonados de los templos piramidales, pero en este caso a un nivel más primitivo. El sistema constructivo de encajuelado consistía en dividir el gran volumen a compactar en habitáculos más pequeños mediante la construcción de muretes bajos formando cajuelas o células

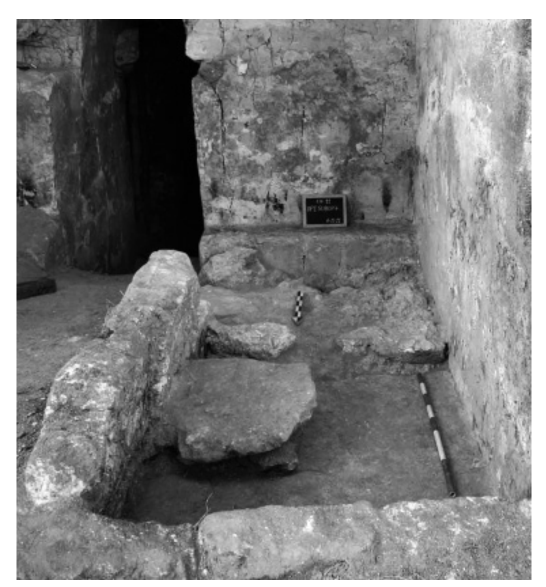


Figura 10
Detalle del arranque del muro auxiliar construido sobre la banqueta, en sentido norte-sur, para rellenar el cuarto 5 (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 88).

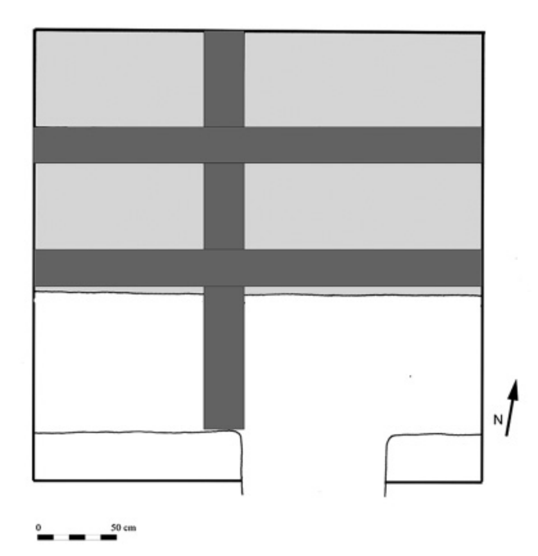


Figura 11
Esquema del cuarto 5 del ala norte de la Acrópolis con indicación de los muros auxiliares registrados durante la excavación (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 87).



Figura 12
Detalle del muro construido en sentido este-oeste para rellenar la estancia 6 (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 90).

para conseguir una base firme, estable y compacta sobre la que construir un nuevo cuerpo del basamento o un edificio (Muñoz Cosme 2006, 92; Muñoz Cosme y Vidal Lorenzo 2004, 741).

En el caso del sistema empleado para rellenar estancias, se ha observado que también se emplea la lógica constructiva de subdividir el espacio de relleno para acotar el problema, facilitar el trabajo y a su vez, conseguir una mayor solidez, pero como es evidente, a pequeña escala, sin necesidad de plantear un diseño para su correcta ejecución y de forma mucho más rudimentaria o primitiva.

Otro aspecto a destacar de este estudio es la diferencia que se ha detectado en la forma de clausurar cada estancia. Se observa que el sellado de la puerta de algunos cuartos es mucho más formal que otros, lo que podría indicar un mayor respeto hacia ese edificio o hacia quien lo habitaba, que probablemente sería un personaje de la élite de alto rango. Este aspecto sería interesante estudiarlo en otros sitios ar-

queológicos para poder discernir si el tratamiento que se le da al edificio a la hora de clausurarlo tiene una correlación directa con la importancia que tuvo en su vida útil.

Con esto, concluimos que los mayas eran muy prácticos y metódicos a la hora de construir, siguiendo una lógica de economía de esfuerzos y recursos. Y el estudio de estas subestructuras y de los sistemas de rellenado y clausura de las mismas pueden arrojar nuevos datos para avanzar en el conocimiento sobre las prácticas constructivas que empleaban.

Lista de referencias

Andrews, George F. 1886. *Los estilos arquitectónicos del Puuc. Una nueva apreciación*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Agurcia Fasquelle, Ricardo y Barbara W. Fash. 2005. «The Evolution of Structure 10L-16: Heart of the Copán Acropolis». En *Copan: The Rise and Fall of a Classic Maya Kingdom*, E.W. Andrews V y W.L. Fash, eds., 201–238. Santa Fe: School of American Research.

Coe, William R. 1990. *Excavations in the Great Plaza, North Terrace, and North Acropolis of Tikal*. Tikal Report, 14. Philadelphia, Pa.: University of Pennsylvania Museum, University of Pennsylvania.

Martin, Simon y Nikolai Grube. 2002. *Crónica de los reyes y reinas Mayas: La primera historia de las dinastías mayas*. Barcelona: Editorial Crítica, S. L.

Muñoz Cosme, Gaspar. 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. Valencia: Biblioteca TC, General de Ediciones de Arquitectura.

Muñoz Cosme, Gaspar; Gilabert Sansalvador, Laura y Zacarías Herguido Alamar. 2015. «El friso de La Blanca (Petén). Un ejemplo de la utilización de la tecnología láser para la documentación arqueológica». En *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicos en Guatemala 2015,* editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y L. Paiz, 261–262. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

Muñoz Cosme, Gaspar y Cristina Vidal Lorenzo. 2004. «Análisis comparativo de los diferentes sistemas constructivos en el área maya». En *XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicos en Guatemala 2003*, editado por J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía, 736–748. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

Peiró Vitoria, Andrea. 2016. *La estructura urbana de las ciudades mayas del período Clásico*. Tesis doctoral inédita, Universitat Politècnica de València.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme. 2010. «Arquitecturas mayas sepultadas. Exploraciones en el interior de los basamentos de las Acrópolis de La Blanca y El Chilonché y otros hallazgos de la temporada de campo 2010». En *Informes y trabajos 5. Excavaciones en el exterior 2010,* 100–109. Madrid: Instituto del Patrimonio Cultural de España, Ministerio de Cultura.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme, eds. 2012. *Informe de las investigaciones arqueológicas del Proyecto La Blanca – El Chilonché, Petén, Guatemala (Noviembre 2011 - Enero 2012)*. Valencia: Informe inédito presentado al Ministerio de Cultura de España y al Instituto de Antropología de Guatemala.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme. 2015. «La Sala de las Pinturas de Chilonché y la Subestructura de la Acrópolis de La Blanca (6J-2 Sub.2): resultados de las investigaciones arqueológicas pertenecientes a las temporadas de campo 2011–2013». En *Informes y trabajos 12. Excavaciones en el exterior 2013*, 207–218. Madrid: Ministerio de Cultura, Educación y Deportes de España.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme, eds. 2015. *Informe de las investigaciones arqueológicas del Proyecto La Blanca y su entorno, Petén, Guatemala (Enero - Marzo 2015)*. Valencia: Informe inédito presentado al Ministerio de Cultura de España y al Instituto de Antropología de Guatemala.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme, eds. 2016. *Informe de las investigaciones arqueológicas del Proyecto La Blanca y su entorno, Petén, Guatemala (Abril 2015 – Junio 2016)*. Valencia: Informe inédito presentado al Ministerio de Cultura de España y al Instituto de Antropología de Guatemala.

Wagner, Elisabeth. 2016. «Edificios como reliquias ancestrales. Un caso de Copán, Honduras». Ponencia presentada en el *I Congreso Internacional de Arquitectura e Iconografía Precolombina*, Valencia, Noviembre 16–18.

Walsham, Alexandra. 2010. «Introduction: Relics and Remains». En *Past and Present*, 206 (Supplement 5): 9–36.

El chapitel de Pedro Ribera en la Iglesia de Nuestra Señora de Monserrat, en Madrid

Javier Pinilla Melo
Raquel Lasheras Salgado
Esther Moreno Fernández
Francisco González Yunta
Félix Lasheras Merino

Pedro de Ribera (1681–1742) se hizo cargo de las obras de la Iglesia de Montserrat desde 1716 hasta 1740. Su intervención se centró en redecorar los huecos de la fachada y proyectar dos torres, de las que solo se construyó la sur, que se remató con un chapitel. En 1895 el chapitel estuvo a punto de ser sustituido por una cubierta a cuatro aguas, debido a su avanzado estado de deterioro. Gracias a su rehabilitación, se trata aparentemente del único chapitel genuino de Pedro Ribera que ha llegado hasta nuestros días, por lo que sería una magnifica muestra del último barroco vernáculo. Ribera transformó el chapitel característico de la arquitectura herreriana en otro original con potentes formas bulbosas.

El chapitel tiene tres cuerpos empizarrados, con una gran cornisa entre el cuerpo bajo y el central, y un bulbo, en realidad una copa, entre el cuerpo central y el alto. El conjunto se remata con un capitel palmiforme y un barrón de hierro al que se sujeta una bola ovoide, la veleta y la cruz.

La armadura está construida con madera de conífera, con ensambles a media madera, embarbillados simples y algunos refuerzos metálicos. La armadura es compleja, pues es el esqueleto de un chapitel barroco con mucho movimiento, a base de superficies cóncavas, y gran cornisa y copa que proporcionan un contrapunto de superficies convexas para formar un conjunto muy dinámico.

La envolvente tiene una profusa decoración a base de asas, mascarones antropomorfos, florones, ojales y ovoides; que contrastan con los convencionalismos de la época. Las superficies se cubren con pizarra o chapas de plomo en función de su complejidad.

El objetivo de la presente investigación es describir el sistema constructivo del chapitel, tanto de la armadura de madera como el sistema de cubrición. La toma de datos se llevó a cabo durante las obras de rehabilitación de la fachada realizada en el año 2015, y se ha completado en 2017.

Introducción

La Iglesia de Nuestra Señora de Montserrat, sita en la C/ San Bernardo 79 de Madrid, fue promovida por Felipe IV para los monjes benedictinos castellanos huidos tras el levantamiento de Cataluña como rechazo a la influencia castellana. La traza de la iglesia, de influencia italiana, fue realizada por el arquitecto Sebastián Herrera Barnuevo (1619–1671), siguiendo el modelo manierista de Vignola en Il Gesu (Capitel, 1982). Las obras se iniciaron en 1668 bajo la dirección de Herrera y tras su muerte, en 1671, Gaspar de la Peña (1610–1676) asumió su dirección. Las obras se paralizaron en 1674 por falta de dinero, cuando faltaba por construir la cúpula, las torres y el ábside.

En 1716 se retomaron las obras bajo la dirección de Pedro Ribera, arquitecto discípulo de José Benito de Churriguera (1665–1725), máximo representante del Barroco exaltado en Madrid. Ribera diseñó una fachada completamente diferente, adaptada a su esti-

lo, modificó sus huecos y la alargó para construir dos torres laterales, de las que solo se construyó la torre sur. Esta torre se coronó con un chapitel empizarrado, cuyas obras concluyeron en 1740 (figura 1), y que reinterpreta en forma barroca los chapiteles centroeuropeos que fueron introducidos en España durante el reinado de Felipe II en el S. XVI (Estepa 2013).

En función del sistema constructivo utilizado para la armadura, se han distinguido dos tipos (Nuere 1987): los que resuelven el problema de alojar en su interior una cúpula (encamonada) que fueron tratados en el Capítulo 51 del tomo 2º del tratado de Fray Laurencio de San Nicolás (San Nicolás 1639–1664), normalmente con linterna, y los de simple coronación de una torre, como es el de nuestro caso.

La torre es de planta cuadrada con unas dimensiones exteriores de 6’25×6’25m, y sigue los niveles de la fachada, con la que está alineada. Se compone de un zócalo de granito y dos cuerpos de fábrica mixta de granito tallado y ladrillo revocado con mortero de cal. El granito se utiliza en el gualdrapeado de la esquina, en las pilastras, en recercados de huecos y en cornisas (figura 2). El cuerpo bajo tiene en su interior una escalera de 4 tramos con ojo central, y el cuerpo superior aloja la campana, que tiene las inscripciones *PRO NOBIS* y *MONASTERIO DE MONTSERRAT*. Sobre la torre se monta un chapitel ochavado de 18’90m de altura[1], formado por tres cuerpos empizarrados con faldones cóncavos, separados el inferior y el central por una abultada cornisa con mascarones antropomorfos, y el central del superior por una gran copa con asas adosadas en sus esquinas, rematadas por florones. La cornisa y la copa están revestidas en plomo. El conjunto tiene mucho movimiento, lo que le hace romper con los convencionalismos de la época. Los faldones curvos también fueron utilizados por Ribera en el chapitel de la Ermita de la Virgen del Puerto.

Como antecedente madrileño de chapitel con planta ochavada y formas bulbosas tenemos, por ejemplo, el diseñado el Hermano Francisco Bautista (1594–1679) para coronar la cúpula de la capilla del Santo Cristo de los Dolores para la Venerable Orden Tercera de San Francisco, en la calle de San Buenaventura en Madrid. Sin embargo, Ribera dotó al de Montse-



Figura 1
Chapitel de la Iglesia de Montserrat desde la cubierta de la nave lateral tras las obras de 2015 (imagen de los autores).



Figura 2
Iglesia de Montserrat, vista desde el sur (imagen de los autores).

rrat de mayor movimiento y ornamentación. Las formas bulbosas también recuerdan al chapitel de la galería del Ave María del Palacio Arzobispal de Alcalá de Henares, desaparecido en el incendio de 1939 (Estepa 2015, 636).

Una de las singularidades de este chapitel, es que desde la calle no se aprecia la buharda, tan características de los chapiteles de la época. Sin embargo, para iluminar el cuerpo inferior, hay una colocada en la esquina noroeste, oculta a la vista desde la calle.

La estructura es una armadura de conífera, con tablero de ripia cubierto de lajas de pizarra y de planchas de plomo.

Levantamiento

La estructura de los chapiteles suele resolverse a base de acoplar madera siguiendo los principios generales de las armaduras de cubierta, de forma más o menos organizada. A partir de cierta altura, los espacios libres que dejan en su interior son muy estrechos, lo que hace muy difícil la toma de datos directa, salvo que se elimine su cubierta, por lo que es difícil conocerlas con detalle. El caso del chapitel de la Iglesia de Montserrat no es menos: desde el interior solo es accesible la estructura del cuerpo bajo. El levantamiento de la geometría y el tamaño de las secciones del cuerpo bajo se obtuvo con la ayuda de un distanciómetro laser y medición directa de las escuadrías. Para hacer el levantamiento del resto de la armadura (figura 4), hemos partido de las medidas exteriores obtenidas de la ortofoto realizada a partir de escáner laser para la redacción del proyecto de restauración de la fachada, redactado por la arquitecta Elena Agromayor en el año 2013 y financiado por el Estado Español a través de la Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España. La geometría del resto del chapitel ha sido dibujada a partir de la maqueta de la armadura que se encuentra en los despachos de la iglesia (ver figura 3), que según nos cuenta el párroco fue realizada en el año 1941, aunque, en realidad, la maqueta tiene sensibles diferencias formales con el chapitel real, no así estructurales en todo lo que hemos alcanzado a comprobar. En la parroquia se ignoran las circunstancias en las que se construyó esta maqueta, y quien fue su autor, pero todo parece que éste, conociendo con detalle la armadura del chapitel, y teniendo suficiente experiencia en este tipo de estructuras, construyó la maqueta «de memoria» a partir de lo observado «in situ».



Figura 3
Maqueta de la armadura del chapitel (imagen de los autores).

El sistema constructivo de la envolvente fue inspeccionado durante las obras de restauración, que fueron acometidas por la empresa Proiescon S.L. en el año 2015.

Armadura

La armadura del chapitel se construye íntegramente con madera de conífera colocada de forma compleja para conseguir adaptarse a la forma exterior del cha-

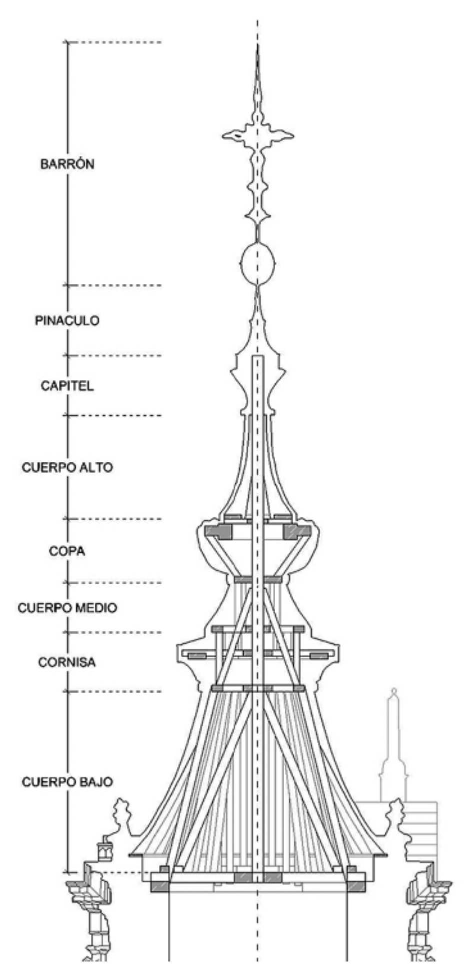


Figura 4
Sección de la armadura en el interior del chapitel (imagen de los autores).

pitel. Hemos localizado uniones en cola de milano y a media madera, algunas aseguradas con clavos, y refuerzos metálicos en otras uniones, sin poder afirmar si están de origen o se han ido añadiendo en posteriores labores de mantenimiento, aunque algunas tienen que ser originales como corresponde a las costumbre de la época. La armadura se monta alrededor de un eje central, o nabo, que apoya en el telar inferior y se va apuntalando en toda su altura con tornapuntas. Los diferentes niveles se generan a base de entramados horizontales sustentados por limas y pies derechos, y los faldones se construyen con pares sobre los que clava un tablero de ripia solapada cubierto con pizarra. La curvatura de los faldones se consigue con sotapares, o costillas, que unen los diferentes entramados horizontales y, en el cuerpo inferior, con el corte curvo de la cara superior de los sotapares del cuerpo bajo y, suponemos, en el más alto. La cornisa y la copa se generan a base de costillas y cuadernas. A continuación, describimos con más detalle la armadura del chapitel siguiendo el teórico proceso constructivo.

El cuerpo bajo empizarrado se apoya en un telar, que está formado por una solera de planta cuadrada de 4’25×4’25m y escuadría o marco de unos 23 × 40cm² colocada directamente sobre la fábrica de ladrillo con clavos, y que también hace la función de estribo. La forma octogonal se consigue con cuatro cuadrales de la misma sección que la solera. Sobre la solera del telar se fijan dos dobles tirantes cruzados de la misma sección que la solera, que dejan un hueco entre ellos que permite el acoplamiento del nabo. La separación de los tirantes es de 19cm, y la sección del nabo es de 25×25cm, con una altura estimada de 12’50m, encajándose en el hueco de los tirantes gracias a su rebaje perimetral (figura 5). En los extremos de los cuadrales apoyan las 8 limas de 26×17cm que forman las aristas de la pirámide octogonal y que sustentan el entramado horizontal del nivel inferior de la cornisa, a modo almizate de planta ochava (figura 6). El nabo se fija con cuatro tornapuntas de 19×14cm apoyadas en el telar sobre los tirantes me-



Figura 5
Imagen de los tirantes del telar desde el campanario (imagen de los autores).



Figura 6
Imagen del interior del cuerpo bajo y del entramado horizontal inferior de la cornisa, a modo de almizate (imagen de los autores).

diante la interposición de zoquetes de la misma sección que las tornapuntas, lo que evita su intersección con el par toral (figura 7). En cada uno de los cuatro faldones del cuadrilátero hay cinco pares de 17×14cm, apoyándose los de cada extremo en las correspondientes limas. Como el chapitel es ochavado, dispone de ocho limas; los paños achaflanados tienen un solo par entre las dos limas. Para conseguir la forma cóncava de los faldones, sobre cada par se coloca un sotapar de 7cm de ancho con cara superior curva, por lo que el canto varía entre 14cm y 21cm, apoyado en una solera de madera de 5×30cm colocada sobre el muro de fábrica a un nivel superior que el telar (figura 8).

El cuerpo bajo y el central del chapitel se separan exteriormente por una cornisa de marcada volume-

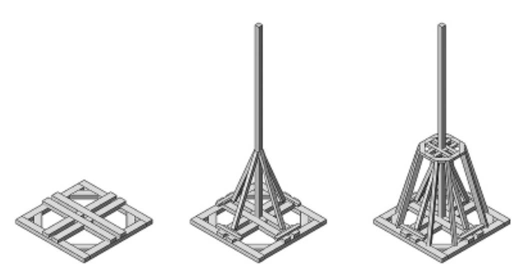


Figura 7
Disposición del telar, el nabo, las tornapuntas, las limas y el entramado horizontal bajo de la cornisa (imagen de los autores).

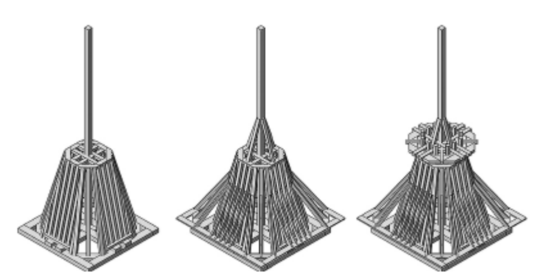


Figura 8
Disposición de los pares, los sotapares con su solera y el entramado intermedio de la cornisa (imagen de los autores).

tría, que tiene una altura de 1m. Está construida sobre tres entramados horizontales, octogonales y unidos por 3 pies derechos en cada lado del cuadrilátero principal. El entramado horizontal inferior tiene dos pares de nudillos cruzados que abrazan el nabo, en forma similar al telar de apoyo del chapitel. El entramado horizontal central tiene mayor dimensión para formar la cornisa, y tiene dos pares de tirantes reflejo del telar inferior. El entramado horizontal superior tiene igualmente dos pares de tirantes cruzados pero añade 2 diagonales en cada lado, que van desde los vértices del octógono a los cruces de los tirantes. Para soportar los cuerpos superiores, se coloca un pie derecho en cada uno los extremos interiores de las diagonales

El cuerpo central empizarrado, que queda entre la cornisa y la copa, se levanta sobre el entramado horizontal superior de la cornisa. La estructura vertical está formada por la continuación de los ocho pies derechos interiores de la cornisa. El entramado horizontal superior del cuerpo central tiene forma cuadrangular con pequeños chaflanes en las esquinas, y nuevamente otros dos pares de nudillos que abrazan al nabo. Las tornapuntas que sostienen el nabo al nivel inferior de la copa, arrancan en el entramado horizontal inferior de la cornisa (figura 9). Los faldones cóncavos de este cuerpo se construyen con cuatro costillas por lado con la forma curva del faldón.

La copa está formada por otros tres entramados horizontales octogonales. El entramado inferior tiene dos pares de nudillos que abrazan al nabo. Para sustentar el entramado central, de mayor dimensión, se colocan 2 jabalcones por lado. La forma de copa se consigue con 4 cuadernas en cada lado. El entramado horizontal central tiene dos pares de tirantes simila-

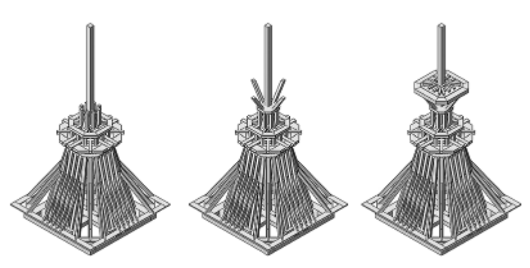


Figura 9
Disposición del entramado horizontal superior de la cornisa, y de los entramados de la copa con los jabalcones (imagen de los autores).

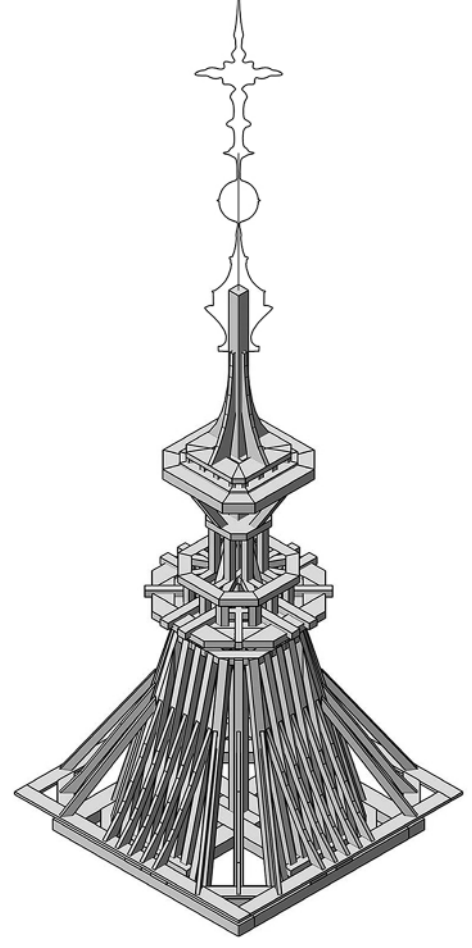


Figura 10
Armadura del chapitel (imagen de los autores).

res a los de los de planos inferiores. Los estribos del entramado horizontal superior se colocan sobre los dos pares de tirantes y se completa con dos diagonales en cada vértice del ochavo (figura 10).

Finalmente, el cuerpo alto empizarrado se construye con tres costillas por lado alrededor del nabo.

Envolvente

Los paños empizarrados se construyen con lajas de pizarra rectangulares de 25×15cm fijadas con ganchos. Las limas tienen baberos de plomo bajo la pizarra (figura 11). El cuerpo bajo empizarrado tiene un primer tramo vertical que corresponde con el muro de ladrillo que eleva la solera sobre la que arrancan los sotapares. En los laterales de estos pequeños muros se colocan unos pequeños machones coronados por cornisas curvas. En la esquina noroeste, los machones se sustituyen por una pequeña buharda para dar iluminación natural al interior del cuerpo bajo.

La cornisa y la copa se cubren con planchas de plomo de 60cm de ancho engatilladas con junta alzada. Los baberos se ejecutan con planchas de plomo plegada fijada mediante clavos y ganchos.

Los motivos decorativos se recubren íntegramente de plomo. En la coronación del muro empizarrado del cuerpo inferior se coloca un florón en el centro de cada lado. En la cornisa se coloca un mascarón antropomorfo de estilo oriental en el centro de cada

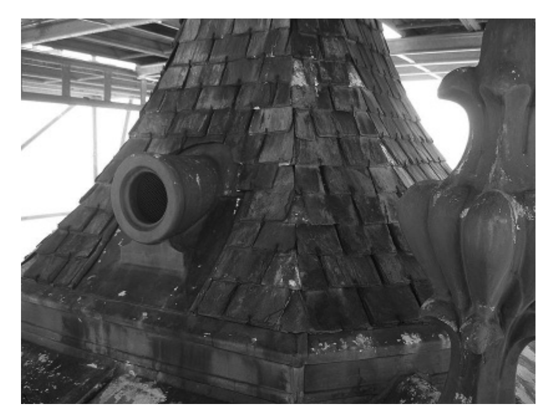


Figura 11
Imagen del empizarrado del cuerpo central (imagen de los autores).

chaflán y un florón en el centro de cada lado. En el cuerpo empizarrado central se coloca un ojal en cada faldón. La copa se ornamenta con un resalto en forma de asa en cada chaflán, rematado por un florón. El cuerpo empizarrado superior se corona con un capitel palmiforme y un pináculo. El barrón, que arranca del extremo del nabo, tiene insertado un ovoide, en vez de la tradicional bola, y se remata con la veleta y la cruz (Estepa 2015, 491–493).

No podemos terminar sin dejar de mencionar la extraordinaria calidad del trabajo del plomo y, cómo no, de la talla del granito en la riquísima cornisa del cuerpo de campanas, aunque ésta no es objeto de estudio en esta comunicación (figura 12 y 13).



Figura 13
Cornisa del cuerpo de campanas de la torre (imagen de los autores).

Conclusión

El chapitel de la Iglesia de Montserrat, construido por Pedro Ribera, constituye el mejor ejemplo de chapitel de estilo barroco exaltado en Madrid, y el único del estilo genuino de Pedro Ribera. La complejidad de la armadura de madera responde a las formas barrocas de la envolvente, organizándose en tres cuerpos empizarrados intercalados entre una gran cornisa y otra mayor copa.



Figura 12
Imagen de uno de los mascarones antropomorfos de estilo oriental, ejecutado en plomo (imagen de los autores).

Toda la armadura del chapitel se apoya en un telar de planta cuadrada con cuadrales y se construye alrededor del nabo, que se apuntala con tornapuntas en el interior de los dos cuerpos inferiores. Hemos identificado seis entramados horizontales intermedios, tres en el interior de la cornisa y tres en el interior de la copa. El cuerpo bajo empizarrado se construye sobre pares y sotapares, los cuerpos central y alto sobre costillas. Lo más singular de esta estructura, desde el punto de vista constructivo, es el uso de hasta tres entramados horizontales superpuestos en muy corta distancia, para armar el soporte de la cornisa y la copa que forman la rica volumetría de este chapitel, de lo que no hemos encontrado ninguna referencia escrita ni gráfica anterior a esta comunicación. También nos parece interesante resaltar el corte curvo de la cara superior de los sotapares del cuerpo bajo del chapitel, y posiblemente también del alto, hechos así para formar la concavidad de su cubierta.

Notas

Agradecimientos a D. Jose María, párroco de la iglesia de Montserrat, por su interés en nuestro trabajo y por las facilidades dadas para el acceso al chapitel y a su maqueta, y a la empresa constructora Proiescon S.L. por su colaboración en la toma de datos durante las obras de restauración de la fachada de la iglesia.

1. Medido desde la coronación del muro hasta la punta de la veleta.
2. Seguimos el criterio de indicar en primer lugar la dimensión vertical de la pieza. Hemos renunciado a dar las dimensiones equivalentes según la métrica castellana de la época, que tenía la vara de unos 84cm como patrón principal, por no complicar más la descripción de la armadura.

Lista de referencias

Capitel, A. 1982. *La Iglesia de Ntra. Sra. de Montserrat en la calle de San Bernardo de Madrid. Problemas derivados de la configuración no homogénea de la fachada*. Arquitectura. 78–81

Estepa, R. 2013. *El chapitel de la Torre de la Parada: Carpintería de armar centroeuropea y española en uno de los primeros chapiteles flamencos de Felipe II*. Actas del Octavo Congreso de Historia de la Construcción. Madrid 263–273.

Estepa, R. 2015. *Chapiteles del S. XVI al XVIII en Madrid y su entorno. Sus armaduras de madera*. Tesis Doctoral.

Nuere, E. 1987. *Las cubiertas de madera en los edificios antiguos*. Rehabilitación y ciudad histórica. I Curso de Rehabilitación del C.O.A.A.O. 303–332.

San Nicolás, Fray Laurencio. 1639 y 1664. *Arte y uso de Architectura*. Edición Facsimil Talleres de Artes Gráficas Soler 1989.

Sobre la traza de los mocárabes: adarajas, medinas y la pieza «grullillo» de López de Arenas

Mila Piñuela García

De las mucarbas, mocárabes en español, sabemos que en nuestro entorno se forman por la adición de unos prismas verticales con el extremo inferior, que es el que queda visto, labrado. A estos se les llama adarajas. Pero pueden tener otro elemento quizá no tan conocido, es la medina. Esta comunicación se centra en él, y lo va a hacer siguiendo el camino inverso al de su evolución. Empieza por lo que puede ser su desenlace final en un ámbito muy concreto y tardío, que se desarrolla incluso ya fuera del mundo islámico, para luego avanzar hacia atrás en el tiempo y con una visión más amplia que entre de lleno en la arquitectura árabe, ver cuál pudo ser su sentido y origen.

El ámbito concreto al que nos referimos es la carpintería de lo blanco, di con él a través del análisis que Enrique Nuere hace de dos tratados de principios del XVII sobre el tema, uno de fray Andrés de San Miguel (1990), otro, un manuscrito de López de Arenas (1985; 2001). Lo que explica Nuere de este último fue la base para seguir con una revisión que el propio Arenas publica poco después de su manuscrito (López de Arenas [1633] 2001). Es en esta revisión, donde se encuentra la definición de medina: «un filete… que va culebreando por sus adarajas…». Pero es del análisis conjunto de esta revisión y del libro de fray Andrés, de donde se extrae el rastro de dos formas distintas de meter medinas en un mocárabe (figura 1).

Tratados de carpintería de lo blanco de principios del siglo XVII

De estos, se extrae que los mocárabes se forman a base de adarajas, es el nombre genérico que reciben una serie de elementos prismáticos con un extremo labrado. Las bases de estos prismas son formas concretas: un medio cuadrado cortado por su diagonal, en este caso la adaraja se llama atacia; un rectángulo cuyos lados son el cateto y la diagonal del anterior, la adaraja, es una conça; un rombo con lados el cateto del primero y ángulos 45º y 135º, son jairas; un cometa que sale o de este o del medio cuadrado, son almendrillas; y medios rombos, seccionados o por la diagonal corta, dumbaques; o por la larga, medias jairas.

Estas formas base tienen, por un lado ángulos que se complementan, por otro lados que, o comparten, son el cateto y la diagonal del medio cuadrado, o están relacionados, es el caso del lado corto de la almendrilla que es la diferencia de los anteriores. Quedan las diagonales de la jaira por las que se han dividido dumbaques y medias jairas, pero en estos casos, al menos en lo visto en carpintería o están en el borde del mocárabe, o se compensan con otras formas iguales. Así que ángulos que se complementan y lados compartidos o relacionados, permiten distintos acoplamientos que llevan a estas formas base a cuajar múltiples tramas en planta.

Uno de los elementos más comunes para hacer con mocárabes en carpintería son los racimos, que a

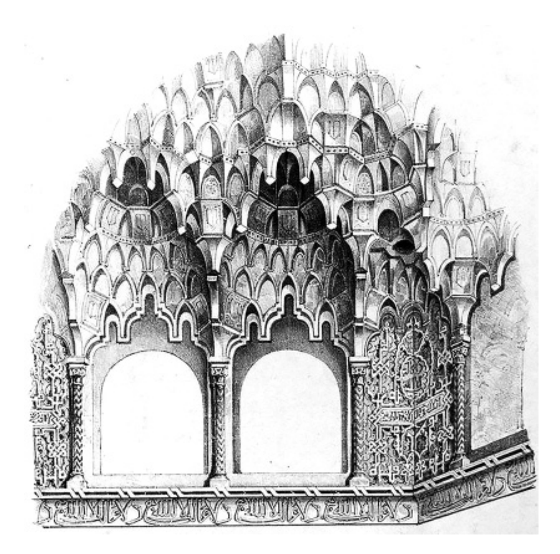


Figura 1
Mocárabes de la bóveda de Dos Hermanas en la Alhambra. (Girault de Prangey, [1842?], p. 17, Fig 1)

modo de colgantes acompañan al trabajo de lazo. El lazo les deja un hueco, y en este se encaja el racimo. Arenas explica cómo, hace un cómputo de lo que mide el lado del racimo, y lo hace dando un valor 5P a cada medida igual al cateto del medio cuadrado y 7P a cada medida igual a la diagonal del medio cuadrado. 7P es una aproximación, su valor real es $\sqrt{2} \times 5P$, pero sirve a los carpinteros para este primer paso, máxime si se tiene en cuenta que el racimo luego va rematado con una moldura perimetral (albernica), a nosotros 5P y 7P nos van a servir para a partir de ahora, referirnos de una forma cómoda a ambas longitudes. Una vez se tiene el lado del racimo hecho partes (nP), el objetivo es con el lado del hueco a ocupar, y habiéndole quitado el grosor de la albernica, obtener el valor 5P preciso para ese hueco. 5P es lo que llama el «grueso del mocárabe», es el valor característico de cada mocárabe.

También lo llama «el grueso», incluso «la madera», esto último refiriéndose a una de las maderas o chapones que se preparan previamente para poder recortar de ellos los prismas, figura 2. De un chapón con grosor 5P, se recortarán los prismas de atacias, almendrillas, incluso conças. Habrá un segundo chapón de grosor $5P/\sqrt{2}$ del que recortar los prismas de jairas, dumbaques y medias jairas. Fray Andrés menciona otro, él los llama marcos, tiene un grosor 7P, de

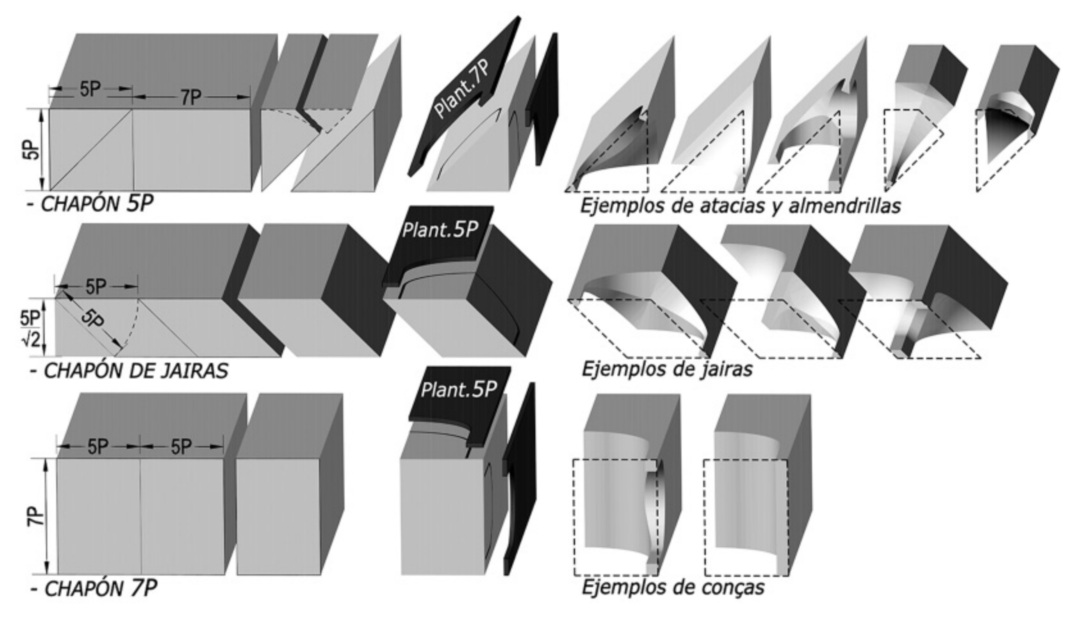


Figura 2
Proceso de corte de adarajas

él se pueden sacar los prismas de conças, en principio parece prescindible, como hemos visto estas se pueden cortar del chapón 5P.

Una vez se tienen los prismas recortados, se marca en el extremo a labrar con plantillas previamente preparadas, las caras que se precisen según el remate que se pretenda. Fray Andrés de San Miguel explica alguna de estas plantillas: una para la cara 7P, otra para la cara pequeña de un dumbaque y lo que en principio parecen tres para la cara 5P.

Marcado el extremo del prisma se labra, y solo entonces se tiene la adaraja, que será conça, atacia, jaira, media jaira, dumbaque o almendrilla, según del prisma del que se haya partido. A este primer nombre habrá que añadir otro, porque dentro de cada uno de estos tipos, pueden darse distintos modelos, según qué caras se hayan marcado y con qué plantillas, por lo tanto como sea el remate labrado. Una atacia puede estar labrada según distintas plantillas en su cara 5P, o en su cara 7P, incluso distintas combinaciones en ambas caras a la vez. Si lo que se precisa entre dos adarajas es que formen una superficie continua y sinuosa, la clave estará en procurar que las caras que van a compartir estén marcadas para la labra con la misma plantilla.

Puede haber otro elemento en los mocárabes, la medina, es un filete con un cierto grosor que discurre entre las adarajas formando figuras geométricas. Fray Andrés no habla de medinas, pero si aporta el dibujo de un mocárabe con ellas, figura 3(a). A simple vista parece que el filete tiene un solo grosor, pero visto en detalle, figura 3(b), tenemos que la única manera de intercalar ese filete entre adarajas es ir dándole el grosor que precise, que va a depender del nudo que formen las medinas en sus confluencias y quiebras. En este esquema todos los nudos se reducen a un triángulo rectángulo, de forma que las medinas que convergen tienen por grosor el cateto o la hipotenusa de ese triángulo, la relación entre grosores en cada nudo es por lo tanto 1:√2. En cuanto al nudo, valdría con cortar a bisel una de las medinas que confluyen.

Arenas no deja ningún dibujo, pero si un procedimiento para hacer mocárabes amedinados. Antes explica y dibuja dos variantes de una plantilla que intervienen en el proceso, figuras 4 y 7(a). Son para la cara 5P, las presenta como una plantilla doble, con dos extremos. A uno lo llama conza, al otro grullillo, entre ambos la diferencia es muy pequeña, lo rayado en la figura 4. El sentido de estas dos variantes esta en dejar la medina un poco resaltada respecto a las adarajas. No se detiene a explicarla, pero menciona una «plantilla mas ancha», la que respondería a esa cara que estamos llamando 7P. En la figura 4 damos una propuesta partiendo de la plantilla 7P que explica fray Andrés, puesto que Arenas no explica ninguna plantilla para esa cara.

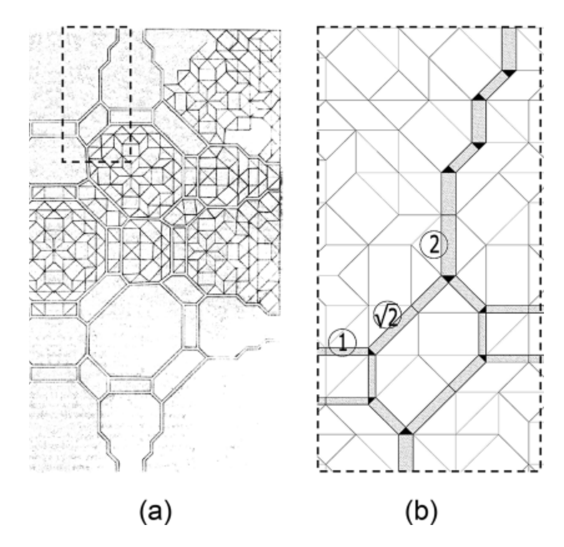
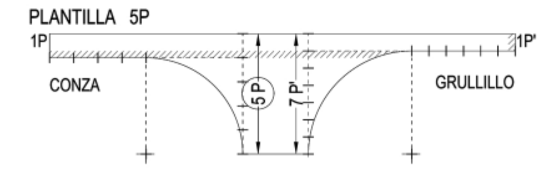


Figura 3
Mocárabe con medinas: (a) dibujo de Fray Andrés. (b) Detalle



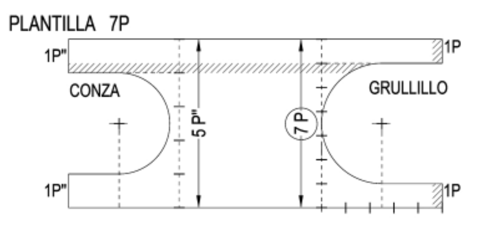


Figura 4
Plantilla 5P conça y grullillo según indicaciones de Arenas y propuesta de Plantilla 7P conza y grullillo

Luego explica su procedimiento:

> Los razimos amedinados se obran del mismo modo de los que se hazen para amedinar [sic, no amedinar]; porque tan solamente difieren en que sacando el gruesso, como queda dicho, se le quite medio septimo al gruesso, que es la mitad del gruesso de la medida [sic, medina]: de modo, que faltando el medio gruesso de filete á cada pieça, y teniendo la medina de gruesso vn filete y el ancho lo que le quedare á la madera, que serán seis septimos, va culebreando por sus adarajas, haziendo vna armonia en que se ofusca la vista muy graciosa: las medinas se rodean con la conza de la plantilla y la pieça grullillo con la parte de grullillo de la plantilla, de modo que conza y grullillo siempre la conza quede con relieue (López de Arenas [1633] 2001,43)

La definición queda clara: «un filete…, va culebreando por sus adarajas, haziendo vna armonía en que se ofusca la vista muy graciosa».

En cuanto al resto, vamos a dar por puntos una posible explicación:

1) La medina tiene por grosor 1/7 de 5P, es lo que llama un «filete».
2) Al chapón 5P, «el grueso», hay que quitarle un filete, por lo que queda un nuevo chapón 5P reducido ($5P_R$)
3) La medina tienen un largo de lo que queda a «la madera», que es 6/7 de 5P.

Hasta aquí todo lo ha dicho Arenas, de una manera o de otra, el problema está en que antes de decir que lo que queda a «la madera» son 6/7, es decir que se le ha quitado 1/7, ha dicho hasta dos veces que lo que hay que quitar a la madera, es medio filete, es decir la mitad del séptimo.

Si el largo de la medina queda de 6/7, que es lo que queda a «la madera» tras reducirla, de ese chapón 5PR, se pueden cortar las medinas 5PR, igual que de su correspondiente chapón 7PR, se podrán cortar las medinas 7PR. Así que cuando el mocárabe es amedinado, sí vendría bien tener ese chapón 7P, que antes podía parecer prescindible, figura 5(a).

Por otra parte tenemos dos tamaños de chapón 5P, por lo tanto dos grosores de piezas. ¿Cuál es el sentido? Aquí puede estar el segundo descuido de Arenas. No explica que es la pieza grullillo, pieza que sí menciona luego al tratar el uso de las plantillas.

Esta es la propuesta:

1) La pieza grullillo es una pieza que resuelve los desajustes que la medinas con un solo grosor producirían al discurrir entre adarajas y se obtiene del chapón 5P original.
2) Del juego de chapones reducidos se obtienen las adarajas reducidas, las propias del mocárabe amedinado.

La pieza grullillo (P.G.), en su cara 5P es un filete mayor que la cara 5PR, así que absorbe el grosor de la medina, y permite su total normalización: la medina tiene, o se puede modular, con dos largos, 5PR y 7PR, y tiene un solo grosor. En planta las piezas encajan, medinas y piezas grullillo forman tramas geométricas, y en los reductos que dejan cristalizan las piezas reducidas. Queda labrar los elementos y ver su ensamble en altura. En este punto Arenas es claro, recurre a la plantilla doble que explico: con el extremo conza marca para la labra las medinas, con el extremo grullillo, hace lo propio con la PG. Comenta que de esta forma existe un retallo entre lo que

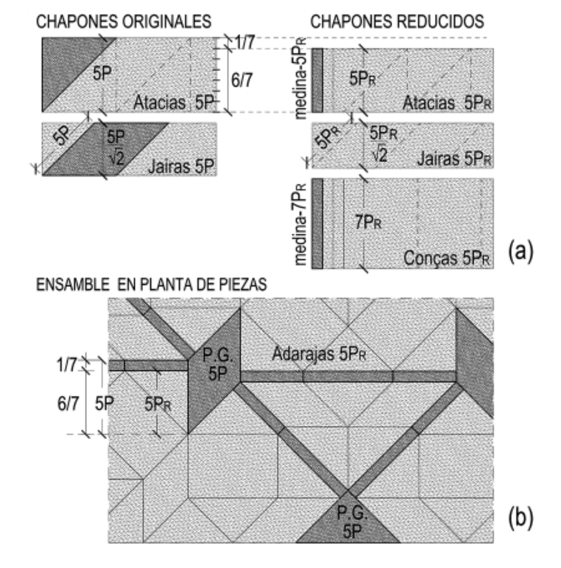


Figura 5
(a) Desglose de piezas en cada juego de chapones. (b) Ensamble de piezas en planta

corta una y lo que corta otra. Añadimos alguna puntualización:

1) Para recortar las medinas, se marcan con el extremo conza de las plantillas 5PR o 7PR.
2) Las piezas reducidas se marcan con el extremo grullillo de las plantillas 5PR o 7PR.
3) Las piezas grullillo se marcan con el extremo grullillo de la plantilla 5PR, de forma que lo que falta hasta el 5P, que es lo que mide su cara, se le da a la pierna, es la parte donde va a envestir la medina a la P.G.

De esta forma entre adarajas reducidas y P.G. no hay resalto, solo la medina queda resaltada sobre el conjunto, figura 6(a). Según esta interpretación, la P.G. solo funciona si cede al mocárabe su cara 5P, la 7P no encaja en el procedimiento, es por lo que P.G. simple solo podrían ser jairas y atacias si son de borde, si están en el interior del mocárabe, la atacia tiene que ir doble para que sus caras 7P se compensen entre sí. Una conça sola no podría ser P.G., tampoco una almendrilla.

Con jairas y atacias solas o en grupo, como P.G., se puede llegar a esquemas como el de la figura 6(b). La posibilidad de redes es inmensa, curiosamente la que no es posible, es la red de medinas de fray Andrés.

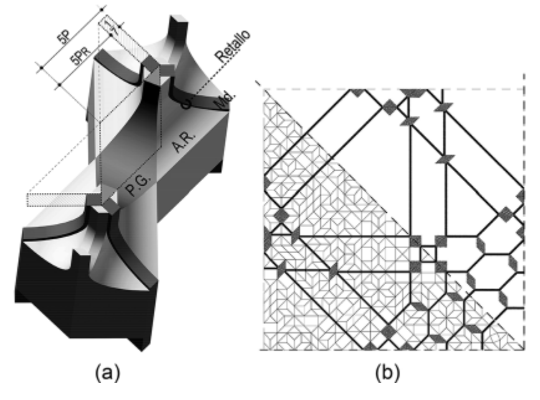


Figura 6
(a) Jaira como P.G. El retallo solo se da entre adaraja reducida (A.R.) y medina (Md.). (b) Esquema con P.G. a base de jairas y atacias

Tenemos dos procedimientos para amedinar y dos tipos de esquemas de medinas. En uno existen varios grosores de medina y los nudos se pueden resolver con las propias medinas. En el otro, hay un solo grosor de medina y el nudo se resuelve con una pieza nueva, normalizada, la P.G. De este segundo esquema además sabemos que la medina queda resaltada. ¿Queda resaltada la medina en el esquema de fray Andrés?

Fray Andrés, no dice cual es el cometido de cada uno de los extremos, pero dibuja una plantilla con el mismo formato que la de Arenas, figura 7b, la llama plantilla «de mocaravez». No es exactamente igual que la de Arenas, pero sí muy parecida. Igual que Arenas, para trazarla divide un extremo en 5 y otro en 7, por lo que, las piernas de cada extremo en ambos casos tienen los mismos grosores, por lo tanto también la diferencia de grosor entre piernas es la misma.

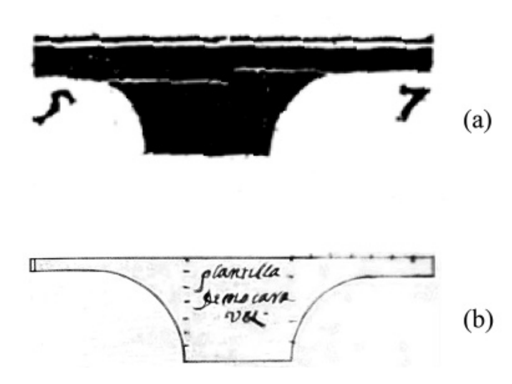


Figura 7
(a) Dibujo de Lopéz de Arenas, extremos conza y grullillo de la plantilla 5P. (b) Dibujo de fray Andrés de San Miguel, plantilla de mocárabes

¿Será lo que dibuja fray Andres una plantilla para amedinar? No lo dice, pero es lo que parece, el sentido que tiene el que existan plantillas tan próximas, es resaltar con un ligero retallo piezas, y ese retallo no parece que se dé entre adarajas; entre estas o existe continuidad o salto. Dice Nuere de fray Andrés que no conoce el oficio antes de llegar a América, que es allí donde recopila y estudia lo que desarrolla en su libro (Nuere 1900, 10). La duda está en si los dos dibujos que presenta: mocárabe amedinado y plantilla doble, provienen del mismo sitio, si son piezas del mismo puzle o piezas sueltas de dos puzles distintos.

Si esa plantilla que llama «de mocaravez» se hubiese usado para el mocárabe con medinas que da, ya tendrían algo en común los dos procedimientos. No lo sabemos a ciencia cierta, pero los casos que hemos encontrado en madera hasta ahora, responden al tipo de esquema de fray Andrés y parecen tener la medina resaltada, un ejemplo es el de las figura 8.

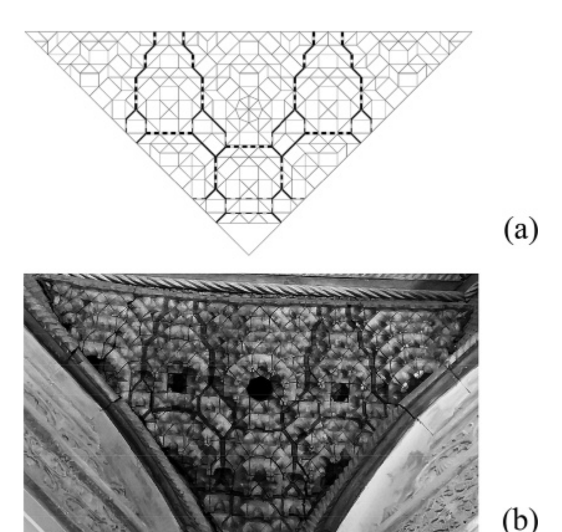


Figura 8
Pechina de media naranja procedente del Palacio de los Cárdenas en Torrijos, hoy en el Arqueológico de Madrid: (a) esquema en planta, con tres grosores distintos de medina y (b) vista

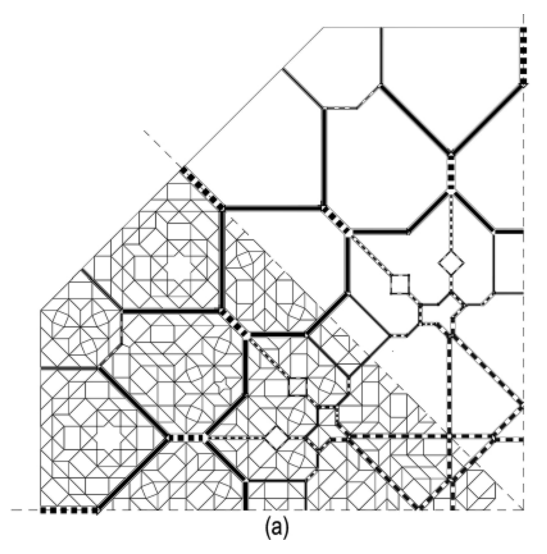
Otros ejemplos fuera de la carpintería de lo blanco

¿Qué encontraríamos sobre este tema fuera de la carpintería? Nos fijamos en los mocárabes de la Alhambra, no sólo supone dar un salto atrás en el tiempo, sino entrar en el mundo islámico.

La Alhambra, dinastía Nazarí de Granada. (1232–1492)

Empezamos por las bóvedas de las Salas de Dos Hermanas y los Abencerrajes. La figura 9, representa el esquema de un cuarto de cada una de ellas, lo primero que se ve es que tienen medinas y además precisan distintos grosores de medina, en la primera se llega al equilibrio con 8, en la segunda con 13, en el esquema con distintos trazos.

En lo de necesitar distintos grosores de medina recuerdan al esquema de fray Andrés, pero sus trazados



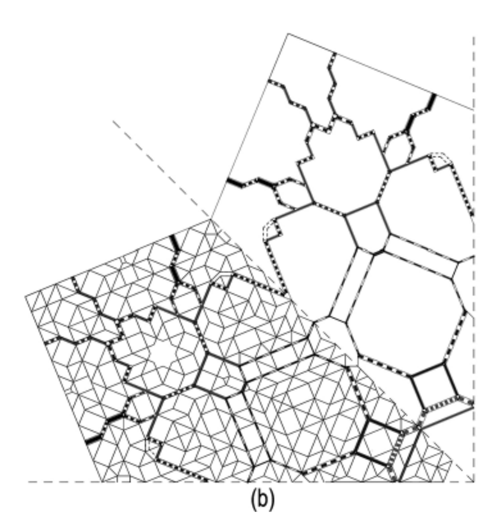


Figura 9
(a) Cuarto de Cúpula octogonal de Sala de Dos Hermanas. (b) Cuarto de Cúpula estrellada en Sala de los Abencerrajes

son distintos, se evidencia al ver en la misma Alhambra otros ejemplos, que no solo tienen distintos grosores, sino que tienen trazados que si son parecidos al de fray Andrés. La figura 10(a) es el esquema de uno de ellos, responde a una de las bóvedas de la Sala de la Justicia.

En la Alhambra ya tenemos dos esquemas, coinciden en necesitar distintos grosores, varían en el tipo de trazado. Pero todavía encontramos otro en los restos de la bóveda de mocárabes de la alcoba SO del Patio de Comares, Gaspar Aranda Pastor levanta un esquema del resto que se conserva in situ (2000, lam. 2, fig. 2), figura 10(b), la medina con un solo grosor, discurre sola o doble formando unos espacios en los que las adarajas han de encajar, y para ello tienen que cambiar su tamaño, incluso su forma.

Mezquita Kutubiyya, Marraquech, dinastía de los almohades. (1158)

La figura 10(c) es el esquema de una de las bóvedas de la Kutubiyya, y es de los que se parece al esquema de fray Andrés por necesitar varios grosores, y por el tipo de trazado. En este momento parece el tipo de esquema más común. También es común el hecho de que existan adarajas con dos tamaños: '1' y '2' en el esquema. Según los carpinteros serían dos grosores de mocárabe, pero si nos fijamos detenidamente no se salen de una trama, podría encajarse un solo grosor, el '1'. Son dos grosores que están relacionados: dos caras 5P de '1', es igual a la cara 7P de '2', y la cara 7P de '1', es igual a la cara 5P de '2'.

Mezquita de Tinmal en Marruecos, también de los Almohades. (1153–1154)

En esta mezquita nos fijamos en dos cúpulas. La figura 11(a), responde a la Cúpula Este. Aunque queda un resto en los ángulos con otro grosor, de una forma generalizada la medina con un único grosor, discurre sola o doblada entre los grupos de adarajas, a cambio estas tienen que variar su grosor en cada grupo.

La 11(b) responde a de la Cúpula del Mihrab, en este caso sin tener que variar el grosor de las adarajas

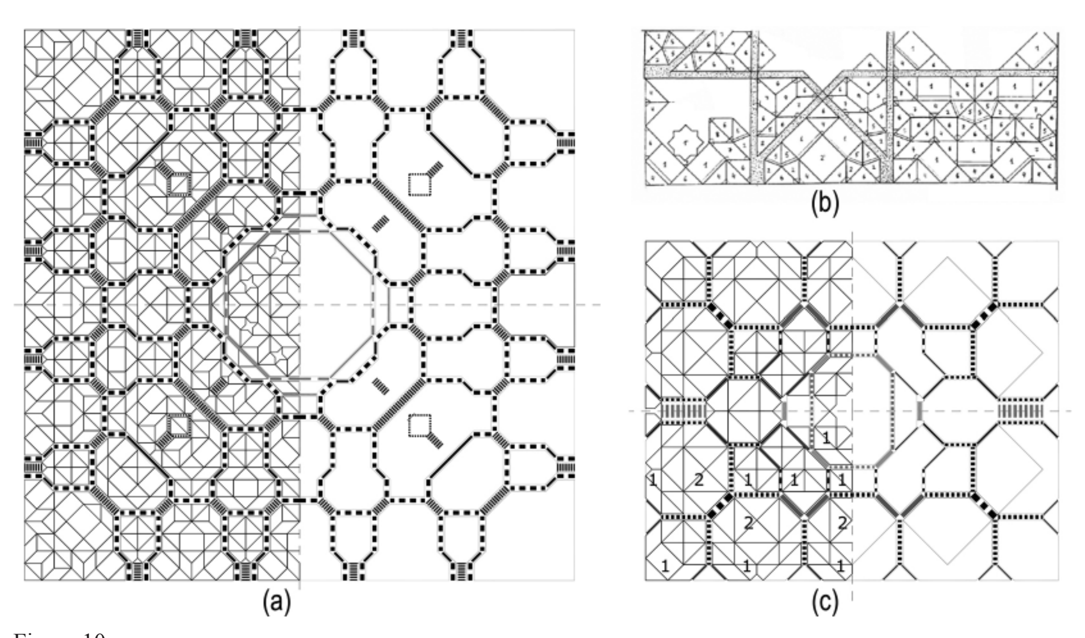


Figura 10
(a) Bóveda en Sala de la Justicia. (b) Resto bóveda de alcoba SO del Patio de Comares (Aranda Gaspar 2000, lam. 2, fig. 2). (c) Bóveda en la Mezquita Kutubiyya, Marraquech.

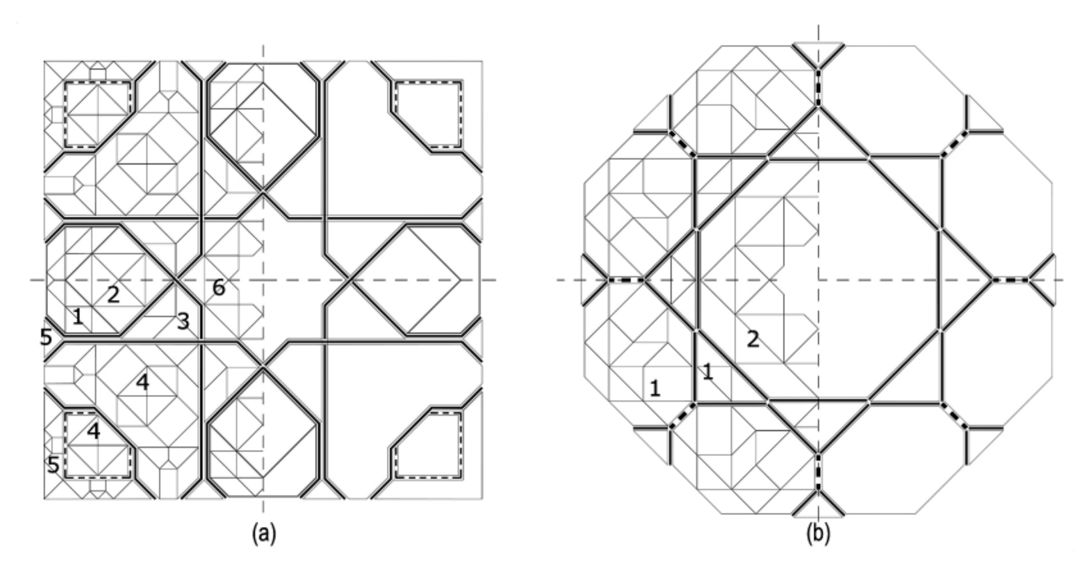


Figura 11
(a) Mezquita de Tinmal, media cúpula este y (b) media cúpula del mihrab

se quedan cerca del grosor único de medina, solo habrían tenido que eliminar los tramos distintos, pero entonces tal y como llevan el trazado, habrían rematado con un grupo de adarajas en forma de jaira, que solo habrían podido rellenar con jairas, ya tienen grupos con forma de atacia, que solo rellenan con atacias. ¿Y sí por encima del grosor único de medina, lo que están buscando son formas que les dé un cierto juego a la hora de cuajar con adarajas su interior?

Linterna de la Gran Mezquita de Tremecén, ya de los Almorávides. (1136)

Es una bóveda de arcos entrecruzados con plementería calada, en el dodecágono central se encaja una pequeña cúpula de mocárabes, figura 12. Sera de los ejemplos más primitivos que se conservan en occidente, y ya tiene medinas, los grupos de adarajas son pequeños, algunos incluso de una sola adaraja. De una forma más clara que en cualquiera de los casos anteriores se aprecia, primero que los grupos de adarajas parecen ser un elemento con identidad propia, un elemento que puede incluso haberse construido fuera de la cúpula, y segundo que ese filete tiene que ver con la forma en la que se unen esos nuevos elementos.

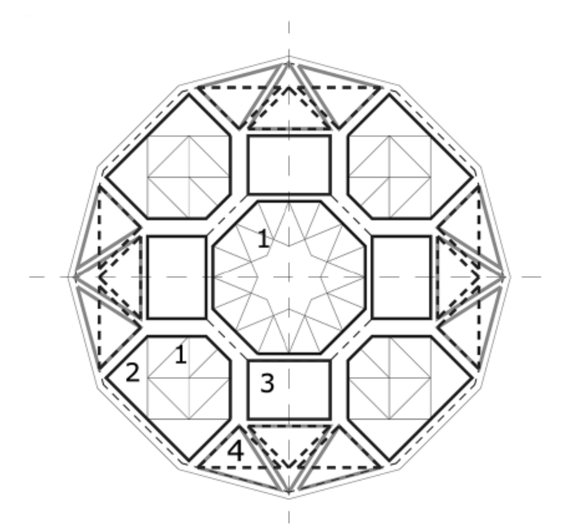


Figura 12
Esquema de cúpula central en Linterna de la Gran Mezquita de Tremecén.

En el mundo islámico podemos haber encontrado el sentido de la medina como un elemento para unir grupos de adarajas. Hemos visto algún intento de normalizar su grosor, en un par de casos a costa de

variar la forma o el grosor de las adarajas, pero en otro, sin necesidad de modificar estas, si no llegan a ese grosor único, es por elección. En cualquier caso, son ejemplos sencillos, y no parece que tengan mucho recorrido. Si nos fijamos en lo visto, el camino que principalmente toman es el de normalizar adarajas, o mejor dicho, una trama que puede recoger dos tamaños de adarajas, el que la medina tenga distintos grosores no parece ser un problema, lo que si procuran es enriquecer su trazado, y con él, las posibilidades que las formas de los grupos de adarajas tengan de cara a la cristalización interior. En paralelo a ese enriquecimiento de la trama, se ven dos modelos de trazado, en el más extendido sobre una trama principal de direcciones ortogonales, existe otra igual pero girada 45º, que tiene menos peso en el conjunto. En el otro, el trazado es centrado y las cuatro direcciones tienen la misma presencia, es el que se ve muy al principio en Tinmal y tiempo después en los casos más ricos de la Alhambra.

¿Existen medinas en Oriente?

Varios autores sitúan el origen de los mocárabes en oriente, ¿vienen de allí las medinas? La descripción más antigua que hemos encontrado, es de Ghiyāth al-Din Jamshid Masud al-Kāshī, astrónomo y matemático de la primera mitad del siglo XV (Dold-Samplonius 1993). La muqarna está compuesta por dos tipos de elementos: celdas y elementos intermedios. Las primeras están compuestas por facetas y un techo, las facetas son planos en posición vertical, en cuanto al techo, puede ser una superficie plana no paralela al suelo, o dos superficies articuladas, planas o curvas. Las celdas se suman apoyándose en un mismo nivel y empezando a conformar una grada. En cuanto a los elementos intermedios, rellenan el espacio entre techos, terminan por lo tanto de conformar la grada y fijan el nivel de apoyo de la grada superior, figura 13. Grada a grada se forma la muqarna.

¿Cómo se construyen? Hay autores que describen casos construidos a base de moldes de yeso que se van colgando de elementos dispuestos para el caso: bandejas, vigas o arcos…, se ayudan con tensores y codales. En este caso el conjunto se monta de arriba hacia abajo, se empieza por la grada superior y se avanza, grada a grada hacia el suelo (Dadkhah, Safaeipour y Memarian 2012). Otros describen ejemplos en los que uno o varios elementos de los que describe al-Kāshī, conforman piezas prefabricadas que se disponen en gradas, cada grada es una cornisa que hará de encofrado perdido de la tongada correspondiente de mortero u hormigón que va constituyendo el muro macizo (Harb 1978). Existen ejemplos construidos con hiladas de ladrillo o sillares de piedra. Lo cierto es que la casuística es inmensa, las formas en planta pueden evolucionar o cambiar de unos casos a otros, los hay que se montan de arriba hacia abajo, otros de abajo hacia arriba, pueden ser de yeso, cerámica, ladrillo o piedra, estar construidos con elementos superficiales o masivos, pero siempre se da una constante, la muqarna, que es el nombre que recibe en oriente, se piensa y se construye por gradas horizontales.

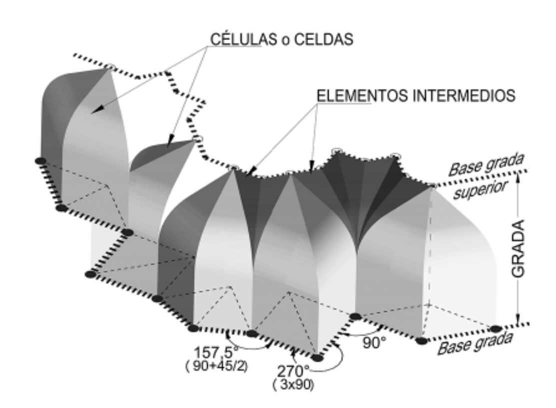


Figura 13
Formación de grada según al-Kāshī, primera mitad del XV

Y aquí hay una diferencia con occidente, porque en algún momento en este extremo del mundo islámico, los elementos prismáticos se empiezan a disponer en vertical. La explicación parece estar en lo que dice Alicia Carrillo, las cúpulas de mucarbas se empiezan a usar en occidente con los almorávides de forma discreta, por ejemplo en trompas, y acaban ocupando la bóveda completa, pero incluso entonces mantienen un cierto recuerdo del esquema de nervios califales anterior, las mucarbas generalmente se encuadran entre nervios, se adosan a estos (Carrillo 2013,431).

Recuperamos la pequeña cúpula vista en Tremecen que ocupa el espacio central que dejan los arcos entrecruzados, puede ser uno de esos casos «tímidos» de los que habla Alicia Carrillo. Es fácil enten-

der que los prismas de los que participan las superficies que vemos, tiendan a un desarrollo vertical, no horizontal, porque no apoyan sobre un muro, se pegan a un arco o a otro prisma, en esa posición lo que prestan a la labra es su extremo inferior.

Las muqarnas en oriente parece que surgen en el tránsito de una planta cuadrada a una bóveda y lo hacen recreciendo el muro, volando ligeramente hilada tras hilada. Se seguirán varias líneas de evolución, pero en ningún caso se dejan de montar por gradas y desde luego las que están construidas con ladrillos o sillares, prismas en definitiva, siguen apoyando estos sobre el muro, y lo que prestan a la labra, es su parte volada, su extremo lateral.

Parece que es la particular ubicación que en un principio se elige para las mucarbas en occidente, lo que lleva a la solución que las acaba distinguiendo de las muqarnas orientales: primero la pieza base se desarrolla en vertical, segundo estas piezas crean otras mayores, probablemente para optimizar el montaje, que siguen teniendo un desarrollo, una raíz vertical, y tercero surge un elemento que sirve para unir entre sí esos nuevos elementos, y fijarlos en su sitio, es la medina.

La primera intención era encontrar la P.G, esa pieza de la que habla Arenas y que se resiste a aparecer. Hemos dado una idea de cual pudo ser su papel, pero no tenemos la certeza. Por el camino, y ya en el mundo islámico, hemos tomado conciencia de lo que es, y de donde puede venir la medina, ese elemento al que supuestamente acompaño de alguna manera. No hemos encontrado en este mundo rastro de pieza especial que acompañe a la medina, lo que nos lleva a reafirmarnos en que la P.G. es producto de la carpintería de lo blanco, según nuestro interpretación tiene sentido, la P.G. es una pieza normalizada que permite la normalización de la medina, y es una máxima de la carpintería que las piezas se puedan construir con precisión antes del montaje.

Otra cosa es lo visto en yeso en el mundo islámico, el camino que principalmente toman es ese en el que son las adarajas lo que se normaliza, la medina y su grosor parece que es con lo que cuentan para absorber los errores acumulados inevitables en el proceso de montaje, hay que tener en cuenta que cada uno de esos grupos es la suma de muchas pequeñas piezas. Puede que partieran de un esquema próximo a estos que hemos estado viendo, en el que todo se equilibra de una forma geométrica, pero 'la realiadad' debía necesitar un nuevo reajuste, y este es posible gracias a la medina. Visto así, la existencia de la medina, ayuda en parte a explicar cómo es posible construir esas moles de yeso a partir de infinidad de pequeñas piezas, pero queda aun buena parte del proceso por comprender.

Agradecimientos

A Santiago Huerta, un día me dijo que este paso me podría ayudar a superar la pieza grullillo, no sé, quizá, aunque tengo la intención de seguir buscándola. De lo que estoy segura es que este paso ha sido mucho más que un reto para mí, le agradezco animarme a darlo y sobre todo, la ayuda para darlo.

Lista de referencias

Aranda Pastor, Gaspar. 2000. La alcoba oeste de la galería meridional del patio de Comares: la bóveda de mocárabe. *Actas del XIII Congreso Español de Historia del Arte*, Vol 1: 42–54. Granada: Editorial Comares

Carrillo Calderero, Alicia. 2009. *Compendio de los muqarnas: génesis y evolución (siglos XI–XV)*. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.

Dadkhah, Negin, Hadi Safaeipour and Gholamhossein Memarian. 2013. Traditional Complex Modularity in Islamic and Persian Architecture: Interpretations in Muqarnas and Patkâné Crafts, Focusing on their Prefabricated Essence. *Proceedings of the 2012 ACSA Fall Conference-OFFSITE*: 130–138. Philadelphia: ACSA

Dold-Samplonius, Yvonne. 1992. Practical Arabic Mathematics: Measuring the Muqamas by al-Kāshī. *Centaurus*, Vol. 35: 193–242.

Girault de Prangey. [1843?]. *Choix D'ornements moresques de L'Alhambra, ouvrage faisant suite a L'atlas in folio monuments arabes et moresques de Cordove, Séville et Grenade*. Paris: publié par A. Hauser, Boul des Italiens, 11. Imp. Lemercier, Benard et Cie

Harb, Ulrich. 1978. *lkhanidische Stalaktitengewölbe. Beiträge zu entwurf und bautechnik*. Archaeologische Mitteilungen aus Iran. Herausgegeben vom Deutschen Archäologischen Institut. Abteilung Teheran. ergänzungsband 4. Berlín: Verlag von Dietrich Reimer.

López de Arenas, Diego. (1633) 2001. *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes y de relojes de sol*. Facsímil de la cuarta edición de 1912. Valencia: Librerías PARIS-VALENCIA S.L.

Notkin, I.I. 1995. Decoding Sixteenth-Century Muqarnas Drawings. *Muqarnas*, Vol. 12: 148–171.

Nuere, Enrique. 1985. *La carpintería de lo blanco. Lectura dibujada del 1er manuscrito de Diego López de Arenas*. Madrid: Ministerio de Cultura.

— 1990. *La carpintería de lazo. Lectura dibujada del manuscrito de Fray Andrés de San Miguel*. Málaga: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.

— 2001. *Nuevo Tratado de la Carpintería de lo Blanco y la verdadera historia de Enrique Garavato carpintero de lo blanco y maestro del oficio. Con el facsimil de la Primera y segunda parte de las reglas de la carpintería escrito por Diego López de Arenas en 1619*. Madrid: Munilla-Lería.

Prieto y Vives, A. 1977. *El arte de la lacería*. Madrid: Ed. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

El proyecto no construido del ferrocarril entre Talavera de la Reina y Cáceres por Trujillo de Eusebio Page, y la modificación de Ángel Arribas

Pedro Plasencia-Lozano

El desarrollo del ferrocarril en la España del XIX es una historia repleta de proyectos, obras, debates técnicos, publicaciones o estudios económicos.[1] Las investigaciones existentes sobre la época suelen versar sobre la llegada del medio de transporte a un territorio o sobre las estructuras más notables. En muchas de ellas se alude al escaso avance de la implantación del ferrocarril en el país, pues frente a lo que ocurría en otras áreas similares, el avance de la construcción de líneas en España fue particularmente parsimonioso. Sin pretender ser prolijo en esta cuestión, debemos considerar dos aspectos que ocasionaron tal retraso: la inestabilidad política y la difícil topografía en los principales itinerarios -un hecho que llega a la actualidad y que penaliza las obras españolas frente a las de otros europeos: baste citar el ejemplo de que el primer TGV construido (París-Lyon) careció de túneles-. También se han apuntado la falta de promoción interna y la compleja legislación existente en los primeros tiempos como factores de ese retraso (López-Morell 1999).

Esa escasa actividad constructora no se correspondía con la prolija actividad existente en los despachos de los principales ingenieros; el resultado es un amplio muestrario de proyectos de ferrocarril no construidos pero sí interesantes, pues permiten extraer datos relativos al estado de la técnica en el momento, a los parámetros que se manejaban en los trazados, a los pensamientos de los proyectistas o a las decisiones tomadas; además, de sus planos se desprende información sobre la realidad geográfica de los territorios. Dos ejemplos de estos proyectos han sido localizados en el Archivo Histórico de la Diputación de Cáceres (03505). Uno es el proyecto de ferrocarril entre Talavera de la Reina y Cáceres por Trujillo redactado por Eusebio Page en 1862, y otro es la modificación que realizó Ángel Arribas sobre algunos elementos de dicho proyecto hacia 1863.

Ferrocarril en Extremadura en la década de 1860

El recorrido óptimo para enlazar Madrid con Lisboa a través de Extremadura era objeto de debate desde los años 1840. Dos eran los trazados posibles: el valle del Guadiana por Badajoz a través de Ciudad Real y el del Tajo por Cáceres. Se sucedieron distintos proyectos que incluso combinaban el paso por ambas provincias, como el trazado estudiado por el inglés George Pithington (Ramos Vicente 2013) en 1845 para la Compañía del Camino de Hierro del Centro de España, que transcurría por Talavera, Miravete (túnel de 3.900 m), Trujillo, Puerto de Santa Cruz, Mérida y Badajoz, y que podemos considerar como antecedente del que nos ocupa por la similitud entre ambos trazados entre Talavera y Trujillo.

En la fecha de redacción de los documentos de Page y Arribas el ferrocarril aún no había llegado a Extremadura. Fue en septiembre de 1863 cuando circuló el primer tren por la región, que llegó a Badajoz procedente de Elvas (Blanch Sánchez 2013) conducido precisamente por Page, director en ese momento de la

compañía de ferrocarriles que el Marqués de Salamanca poseía en el país vecino (Lama 2013). La línea del Guadiana sería completada en 1866 y la del Tajo en 1878 (había llegado a Talavera hacia 1876); el trazado de esta última salvaba el Tajo en Alconétar frente a la propuesta de Page, que preveía el cruce por Almaraz.

Eusebio Page y Ángel Arribas

Hacia 1855 había en España un total de 145 ingenieros de caminos (Anon 1855), unos profesionales que, acaso precisamente por su escasez, desarrollaban su carrera en un variado número de puestos y entornos geográficos.

Eusebio Page fue uno de los ingenieros más relevantes de la segunda mitad del XIX. Completó sus estudios en 1849, siendo de la misma promoción que Sagasta: un dato que explica la amistad existente entre ambos, y que llevó a Page a distintos puestos de responsabilidad política a lo largo de su vida: fue Director General de Obras Públicas, y Senador en distintas legislaturas entre los años 1882 y 1900, año de su fallecimiento. Desarrolló una carrera vinculada con el ferrocarril, tal y como reflejan los diferentes artículos escritos sobre el tema en la *Revista de Obras Públicas* (revista de la que llegó a presidir la redacción) y su propio libro (Page 1881). Fue comisionado por Isabel II en 1864 para que, con otros ingenieros, estudiase los enlaces del ferrocarril español con Portugal; dentro de esta función participaría en la construcción del puente internacional de Tuy sobre el Miño (1886) (Navascués Palacio 2007, 131).

Por su parte, Ángel Arribas obtuvo el título de ingeniero de caminos en 1852 (Anon 1899), y llegó a ser ingeniero jefe de la división de la *Compañía del Ferrocarril del Norte* hacia 1881 (Pineda y Cevallos-Escalera 1881, p.480). Entre otros trabajos, fue el proyectista de la Estación de Santa Apolonia en Lisboa (De Almeida 1980), erigida hacia 1865 por la *Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses* del Marqués de Salamanca, quizá dirigida aún por el ingeniero Page.

El proyecto Talavera-Cáceres de Page

El Proyecto de ferrocarril de Talavera a Cáceres por Trujillo, autorizado por Real Orden de 25 de octubre de 1859, fue firmado en Cáceres, el 25 de enero de 1862. De su lectura se desprende que existía ya un estudio previo de este itinerario impulsado por la Diputación de Cáceres, y del que Page se hace eco para recabar datos relativos al presupuesto; el ingeniero aludía a este proyecto previo señalando que el suyo ahorraba algo más de 12 millones de reales con respecto al otro, a costa de aumentar las pendientes máximas (de 15 ‰ a 18 ‰) y el número de curvas (no así su radio mínimo).

Desconocemos los motivos por los que fueron desechados tanto el proyecto de Page como su itinerario -la línea de Talavera a Cáceres discurrió finalmente por las cercanías de Plasencia, cruzando el Tajo en el vado de Alconétar, y no por Trujillo-, pero sí sabemos que hay un documento de abril de 1881 donde se informa al jefe de vías y obras de la compañía ferroviaria MZA que se han perdido algunos planos del proyecto que ahora describimos (Archivo Histórico Ferroviario 1279.007). También encontramos referencias al proyecto del ferrocarril a Cáceres por Trujillo en un proyecto de 1876 de la línea entre Aljucén y Cáceres, donde aparece un plano de la futura estación de Cáceres con la línea proyectada a Talavera en la misma zona donde Page proyectaba la suya, proveniente del Este (es decir, de Trujillo) (AHF, 112.001) (figura 1).

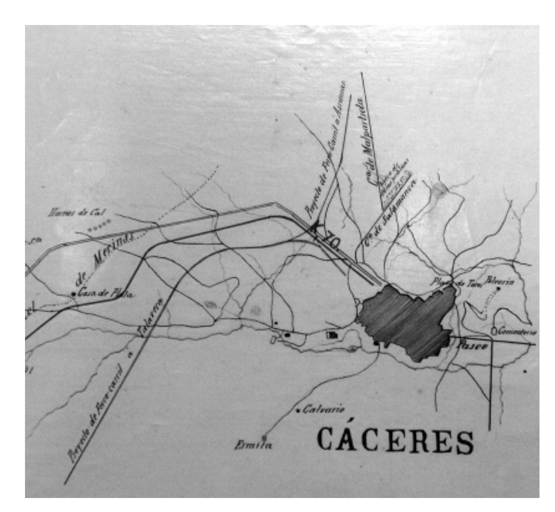


Figura 1
Detalle del proyecto Aljucén-Cáceres (AHF, 1876)

Memoria

La *Memoria* es minuciosa en cuanto a datos, justificando las distintas soluciones adoptadas con un estilo claro y didáctico. Comienza describiendo la utilidad de esta línea, que forma parte del itinerario Madrid-Lisboa por el valle del Tajo, ya que «constituirá la línea más directa posible entre las capitales de los Reinos de España y Portugal. Basta el solo enunciado del objeto de este ferrocarril para demostrar su inmensa utilidad e importancia». Se cita la importancia de Lisboa, « puerto natural de todo el comercio de Europa con la América del Sur», y se indica que «cosa extraña, mientras que se estudiaban ferrocarriles en todas direcciones a puntos, algunos de ellos de bien poca importancia, ningún estudio se hacía para averiguar si era posible una línea directa entre Madrid y Lisboa».

En relación al debate del itinerario más adecuado para unir Madrid con Lisboa, en la *Memoria* se descarta el trazado por el valle del Guadiana por su longitud, que Page calcula en 866 km, frente al itinerario directo por el Tajo que recorrería 633 km, ahorrando una cuarta parte de tiempo y del precio del viaje. El ingeniero sí apoya la construcción de ambas líneas, argumentando que en ese tiempo existían tres líneas distintas en construcción entre Madrid y París. La del Guadiana, señala, permitiría unir el Atlántico con el Mediterráneo, dando salida a los productos de la Baja Extremadura y de La Mancha.

En la elección del perfil de los carriles se describen las ventajas e inconvenientes de los sistemas principales en la época: el Vignole y el Brunel,[2] ambos de origen británico. Pese a la elasticidad y mayor economía de material que ofrecía, se descarta el Brunel porque producía un movimiento irregular en el material móvil, ofreciendo poca seguridad en las uniones; además, en la vía de Madrid-Alicante se había comprobado que el Brunel se deterioraba con rapidez en los puntos de frenado, cercanos a las estaciones. Así pues, se selecciona el Vignoles –con barras de 35 kg/m- porque se había probado con éxito en varias líneas españolas como la de Zaragoza. En cuanto al perfil transversal adoptado, se define la construcción de una única vía de doble sentido, aunque tanto las estructuras como los túneles sí se realizaban (y presupuestaban) para doble vía –no así el movimiento de tierras-; la entrevía se planteaba diferente para un caso u otro: 2,7 m en estructuras y 3,60

Rasantes				
Tipo	Pendiente (‰)	Nº	Longitud (m)	
			Parcial	Total
Horizontal	0	45	47.527,58	47.527,58
Pendiente	0-10	53	112.764,11	154.181,21
	10-15	22	30.701,08	
	15-18	5	10.716,0	
Totales		125	201.705,79	201.705,79

Alineaciones				
Tipo	Nº	Radio (m)	Longitud (m)	
			Parcial	Total
Recta	77		165.331,37	165.33,37
Curva	6	500	2.778,84	36.374,42
	13	600	6.522,23	
	10	700	5.244,64	
	5	800	2.412,46	
	1	900	393,98	
	39	100	17.855,69	
	1	1.200	992,05	
	1	2.000	174,53	
Total	153		201.705,79	201.705,79

Figura 2
Rasantes y Alineaciones del proyecto de Page (elaboración propia)

en túneles. La longitud de la línea rebasaba ligeramente los 201 km: 50,394 km en la provincia de Toledo y 151,309 km en la de Cáceres (figura 2).

Por último, en la *Memoria* se citan otros datos interesantes, como la descripción de la economía extremeña y sus potencialidades, si se desarrollan correctamente las comunicaciones, o la geología de todo el entorno –incluyendo una copia del célebre mapa de Francisco Luján-.

Alternativas de trazado

Otro de los elementos significativos de la *Memoria* es el estudio de alternativas que realiza para determinar el punto de cruce sobre el Tajo. Describe cómo el río entre Talavera y la frontera portuguesa se encajona en un valle de orografía compleja con cuatro posibles lugares: las inmediaciones de la ciudad toledana, el puente de Almaraz, el puente del Cardenal y las barcas de Alconétar. Descarta el primero por el abrupto relieve de la margen izquierda del río frente a las llanuras de la margen derecha. Descarta el paso por el puente del Cardenal porque sus orillas escar-

padas exigirían pendientes de un 5% en el trazado, sólo admisibles para una carretera. Las dos opciones restantes serán la de Almaraz, que implica el paso por Trujillo, y la de Alconétar, que implica aproximar el trazado 11 km a Plasencia.

Se analizan entonces las dos soluciones restantes, comparando las alineaciones. Mientras que el trazado por Trujillo es realizado por Page, los datos de la alternativa por Plasencia proceden de un proyecto existente redactado en 1852 del que nada más se indica. Del análisis se concluye que el trazado de Plasencia es peor que el de Trujillo por su menor radio mínimo en curvas (300 m frente a 500 m), por las mayores pendientes previstas (22 ‰ frente a 18 ‰) y por el conjunto general de las rasantes, pues la línea de Plasencia duplicaba a la de Trujillo en cuanto a longitud de tramos en pendiente y longitud de tramos en curva. Por último, las estaciones en Plasencia y Cáceres quedan en peor situación que las previstas en Trujillo y Cáceres al estar más lejos de sus respectivos centros urbanos, lo cual complicaría la explotación[3]. El único elemento positivo del trazado por Plasencia era el menor número de kilómetros y, en todo caso, según Page, Plasencia no quedaría incomunicada por vía férrea, pues preveía que por ahí discurriría una futura línea Norte-Sur, de Medina del Campo a Sevilla.

Elegido el paso de Almaraz, el proyecto analiza dos posibles rutas a Trujillo de similar longitud para atravesar Miravete: llevar la línea hasta las cercanías del salto del Corzo o cruzar la sierra en las inmediaciones de Jaraicejo. En su análisis Page cita un estudio de la primera opción de trazado realizado por el ingeniero inglés Mr. Wisok, cuyas obras principales eran un túnel de 5.325 m, un viaducto sobre el Tajo de 382 m de longitud y 78 m de altura, y otro sobre el Almonte de 547 m de luz y 92 de altura. Se opta por la opción de Jaraicejo, pues como se observa en la figura 11, las estructuras de Page eran menos ambiciosas y por tanto, más baratas: no en vano, el precio del km del trazado de Wisok entre Almaraz y Trujillo alcanzaba los 3.000.000 reales, mientras que el de Page ascendía a 1.857.046 reales.

Estructuras y túneles

Los elementos singulares más notables del proyecto eran los viaductos y túneles necesarios para franquear la sierra de Miravete. En ese entorno se concentraban cuatro viaductos (arroyos Lavid y Riofrío, y ríos Tajo y Almonte) y tres túneles (Pulgarina, Miravete y Oreganal).

Los viaductos más relevantes son los del Tajo y del Almonte, y se plantean con planta recta y rasante horizontal. En relación a la tipología, Page se inclina por las estructuras de hierro por su menor coste (cifra en 18.000.000 reales el viaducto de fábrica del Almonte, y en 11.000.000 reales el del Tajo). Dentro de las distintas opciones existentes en hierro, se proyecta un viaducto con vigas en celosía tipo Warren[4] de 4 m de canto y 3,50 de ancho, duplicadas para la doble vía. Las pilas se definen también de hierro, apoyadas en un zócalo de sillería. Debido a que se pretendía sacar la cimentación del cauce, la luz del vano mayor quedaba condicionada por la anchura del río. La estructura interna de las pilas consiste en un total de 14 columnas de fundición, ligadas entre sí por bastidores horizontales de palastro y arriostradas en el plano vertical por tirantes de hierro forjado, que soportarían ambas vigas continuas Warren. El talud era de 1/18 en tajamares y 1/48 en laterales, presentando así la mayor de las pilas una anchura de 16,30 m en la base y de 9 m en el extremo superior.

En el proyecto no aparecen cálculos relativo a las estructuras –incluso en el del Tajo, se limita a dibujar el esquema del viaducto, dando a entender que se realizaría en sus detalles de modo similar al del Almonte-, justificándose su viabilidad y diseño en estructuras similares existentes ya en el ferrocarril de Zaragoza a Alsasua –sin embargo, estas últimas no alcanzaban ni la luz ni la altura de las aquí proyectadas (Anon 1857)-. Imaginamos que, en caso de haberse realizado la línea, el proyecto de las estructuras sería contratado al margen, tal y como ocurrió por ejemplo con el viaducto del Guadiana en Mérida (Plasencia-Lozano 2016).

La celosía Warren, primer diseño de celosía moderna de origen europeo, fue patentado en 1848 por los ingleses James Warren y Willboughby Monzoni, y se compone de triángulos isósceles cuyos lados inclinados, siempre de la misma longitud, trabajan alternativamente a tracción y compresión (James 1980); según Navascués es «la más limpia y expresiva de las vigas trianguladas» (2007, p.112). Pese a que apenas quedan ejemplos Warren del XIX, en su momento constituyó uno de los sistemas estructurales más utilizados: a España

llegaron ecos de su uso en el viaducto Crumlin, levantado en Gales entre 1853 y 1857 por los ingenieros Thomas W. Kennard y Charles Lidell (Saavedra Moragas 1857), en el viaducto de Boyne (1854) construido en el ferrocarril de Dubin a Belfast por Sir John McNeile y J. Barton, y en el puente de Newark Dyke (1852) de J. Cubitt en el ferrocarril Great Northern, con una luz de más de 77 m (Retortillo 1859). Posiblemente Page conociera estos hitos ingenieriles, pues el diseño de las pilas de sus viaductos copiaba a las del viaducto Crumlin –incluso en el mismo número de columnas-, cuya altura era de 61 m. Muchos de los puentes ferroviarios Warren en España se han ido sustituyendo; aún puede verse en pie alguno como el de Ciudad Real sobre el Guadiana (1879, con tramos de 54 m).

En relación a los túneles, el trazado debía atravesar las sierras de Miravete y Oreganal, donde se había detectado la presencia de pizarras muy duras y cuarcitas. La primera es atravesada por un túnel precedido por otro en el contrafuerte de la Pulgarina, y se definió un tercer túnel en la segunda de las sierras (figura 11); las longitudes previstas excedían los 400-500 m, medidas usuales en los tramos construidos por entonces en España. Para su construcción se preveía una perforación complicada porque apenas podrían emplearse pozos intermedios. Sin embargo, la previsible ausencia de filtraciones de agua evitaría problemas de sobrecostes por imprevistos, eliminando entibaciones o revestimientos añadidos. A partir de los *Planos*, deducimos que la sección transversal proyectada rondaba los 39,44 m^2.

Estación	PK	Clase	Pres. (reales)	Equipamientos
Talavera de la Reina	0	2ª	926.155,40	EV, A, MC, MD, C, T, PDA, CC
Gamonal	13	4ª	126.719,00	EV, A, MD
Torralba	39	4ª	126.719,00	EV, A, MD
La Calzada	41	4ª	158.719,00	EV, A, MD, PDA
Navalmoral	63	3ª	240.520,00	EV, A, MC, MD, PDA, F
Almaraz	77	4ª	110.096,00	EV, A, MD
Casas del P.	90	4ª	112.236,00	EV, A, MD
Jaraicejo	109	4ª	112.236,00	EV, A, MD
Trujillo	135	2ª	707.268,60	EV, A, MC, MD, C, PDA, CC
La Cumbre	153	4ª	112.236,00	EV, A, MD
Botija	163	4ª	112.236,00	EV, A, MD
Torremocha	176	4ª	110.477,00	EV, A, MD
Torrequemada	182	3ª	232.096,80	EV, A, MC, MD, PDA, F
Torreorgaz	187	4ª	110.477,00	EV, A, MD
Cáceres	201	2ª	6.88.341,40	EV, A, MC, MD, C, PDA, CC

Figura 3
Estaciones propuestas por Page. (Equipamientos: EV: Edificio viajeros; A: andén; MC: muelle cubierto; MD: muelle descubierto: C: cochera para 7 máquinas; T: talleres. PDA: pozo y depósito de agua; CC: cochera de carruajes; F: Foso para picar fuego) (elaboración propia)

Estaciones y otros edificios

El proyecto recogía un total de 15 estaciones (una cada 14,4 km de media), con categorías de 2ª a 4ª clase (figura 3). La categoría llevaba aparejada una serie de equipamientos, como cocheras, andenes cubiertos o descubiertos, etc. A lo largo de la línea se repartían los depósitos de agua necesarios para el funcionamiento de las locomotoras.

Los edificios de las estaciones son sencillos y funcionales, cuya mayor singularidad radica en los rítmicos ventanales rematados con arcos de medio punto (figura 4). Nada se indica de la distribución de espacios, pero sí se advierten las dimensiones: las estaciones de 2ª clase miden en planta baja 30,6 m por 7,1 m, con un saliente de 2,5 m en dirección a la vía, y 9,70 m por 9,6 m en planta primera; además, todas las estaciones presentan una doble altura. La cochera

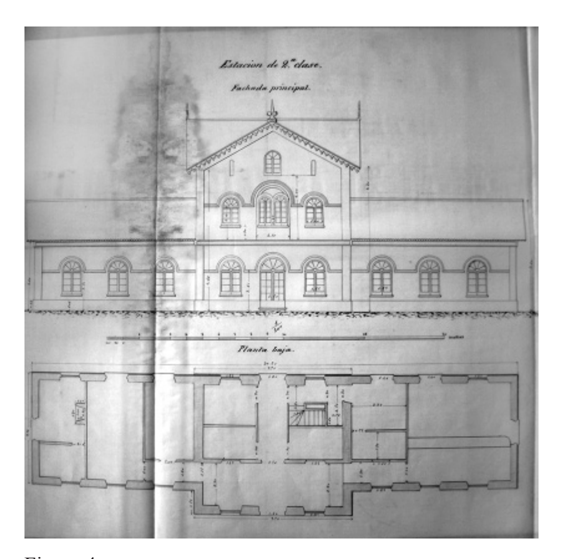


Figura 4
Estación de 2ª clase (AHDC, 1862)

de máquinas es un edificio en curva con capacidad para 7 máquinas, cuya sección presenta una anchura de 15,10 m y 10,50 m de altura, y está dotada de un puente móvil para distribuir las locomotoras con radio 14 m (figura 5); para vagones y coches existe un edificio rectangular de 24,66 m de lado y 19 m de ancho que aloja un total de 4 vías paralelas. Es llamativo que los edificios sean, aparentemente, iguales a los construidos para la línea Zaragoza-Alsasua hacia 1860, pese a que Page no indica nada en este sentido. La actual estación de Tafalla es idéntica a las de 2ª clase del proyecto, la actual de Olite es como las de 3ª clase del proyecto, y la antigua cochera de máquinas de Pamplona era –al menos en sus fotos- igual a la de Page.

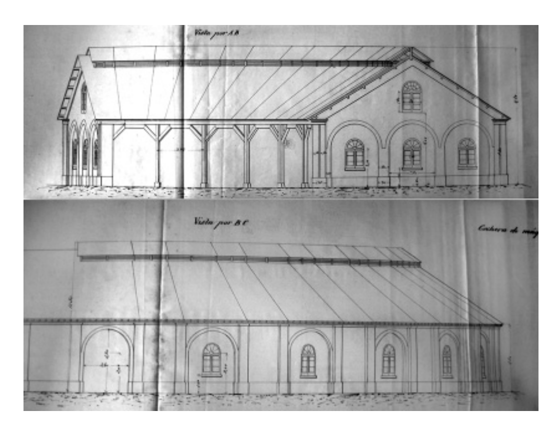


Figura 5
Depósito de locomotoras (AHDC, 1862)

Organización de los trabajos

El recorrido Talavera-Cáceres quedaba dividido en tres secciones dentro de este proyecto: una de 78.920,15 m, desde Talavera a Almaraz; una segunda de 38.946,06 m, desde Almaraz al río Tozo, en la que se concentraban las dificultades topográficas; la tercera, hasta Cáceres, comprendía los últimos 83.839,58 m. Page proponía iniciar los trabajos de construcción en las secciones 1ª y 2ª. Calculaba un plazo de cuatro años para la 2ª, y de año y medio para la 1ª. Concluida ésta se iniciaría la 3ª, que se realizaría en dos años y medio, simultaneándose así con la 2ª hasta el final de las obras.

En el proyecto se indica también la procedencia de los materiales precisos para la construcción. Las maderas de la 1ª sección procederían de los pinares de Cuenca –transportadas a flote por el Tajo-, y de otras zonas extremeñas en el resto; las traviesas serían de roble –frente a la costumbre posterior de construirlas con maderas tropicales como la Massaranduba (Plasencia-Lozano 2016)- y procederían de los pueblos inmediatos; la sillería para las obras de fábrica provendría de Belvís, de Trujillo, de Ruanes y de Cáceres.

Explotación de la línea

El proyecto incluye un estudio económico de la explotación, para lo que se realizan cálculos relativos a los gastos y al número de usuarios –incluyendo una descripción de las mercancías que se exportaban a Madrid-, así como los ingresos esperados a partir de las tarifas en vigor para el ferrocarril de Alicante en 1859 (figura 6). El estudio preveía una subvención del Estado para la tercera parte de las obras, porcentaje mínimo que se había otorgado a otras líneas ferroviarias en construcción. Resumiendo el conjunto, se estimaban unos gastos fijos de 2.848.200 reales y unos gastos en trenes de 7.056.163 reales; frente a esos 9.904.363 en total de gastos –que comprendían

Tipo	Pasajeros	Mercancías	Ganado
Movimiento anual	70.000 viajeros	80.000 T	1.600 vacas, 60.000 cerdos y 84.000 carneros
Trenes/año	730	600	200
Capacidad de un tren	96 viajeros (14 en 1ª, 32 en 2ª, 50 en 3ª)	133,32 T	728 cabezas (1 vagón de vacas, 12 de cerdos, 7 de carneros)
Elementos por tren	8 coches	15 vagones	20 vagones (peso útil de 36 T)
V media del tren	40 km/h	20 km/h	20 km/h
Consumo de coke	12 T/km	20 T/km	20 T/km
Precio transporte	1ª: 0,4 real/km; 2ª: 0,3 real/km; 3ª: 02, real/km	Entre 2,00 y 0,50 real/T · km	Vacas: 2 real/vagón · km; resto: 1,50 real/vagón · km

Figura 6
Descripción comercial de los trenes de Page (elaboración propia)

un porcentaje destinado a conservación y reparación-, se calculaban unos ingresos de explotación de 14.812.324, con un beneficio anual de 4.807.961 reales que demostraban la rentabilidad de la línea.

Material móvil

El material móvil de la línea estaba integrado por locomotoras y distintos tipos de coches y vagones. Se preveía que por cada máquina que se encontrase en funcionamiento debía haber otra revisándose en taller, más otras reservadas para imprevistos o para dar servicio en días festivos (figura 7).

Presupuesto

El documento de *Presupuestos* determinaba los precios detallados de todas las unidades de obra, considerando cada una de las secciones por separado; en la figura 8 hemos reproducido el presupuesto final por capítulos, donde se recoge además el precio medio del km de vía.

Elemento	Uds.	Precio ud. (reales)	Total (reales)
Locomotoras para viajeros	11	232.000	2.552.000
Locomotoras para mercancías	11	230.000	2.530.000
Coches 1ª clase	11	28.800	316.800
Coches 2ª clase	33	21.600	712.800
Coches 3ª clase	60	18.000	1.080.000
Coches mixtos 1ª y 2ª	4	25.200	100.800
Coches mixtos 2ª y 3ª	7	19.800	138.600
Vagón cubierto mercancías	45	9.000	405.000
Vagón descubierto mercancías	45	7.200	324.000
Vagón establo	45	10.800	486.000
Truks	10	7.200	72.000
Frenos c casillas - coches de 3ª	12	2.700	32.000
Idem s casilla - vagones	12	1.800	21.600
TOTAL			8.772.000
30% material repuesto			2.631.600
Envío 15 %			1.710.540
TOTAL			13.114.140

Figura 7
Presupuesto desglosado del material móvil. El envío comprende, textualmente: embalaje, comisiones, fletes, portes, seguro, embarque, descarga y montaje (elaboración propia).

Capítulo	Page	Arribas
Expropiación	1.332.512,00	1.370.120,00
Explanación	48.680.185,00	42.882.337,98
Obras de fábrica	31.346.868,34	23.600.817,24
Túneles	20.488.622,00	20.198.080,00
Estaciones	3.998.233,20	2.946.056,50
Casillas de guarda	2.191.421,60	34.785.899,20
Material fijo en vía	44.838.616,40	11.851.016,08
Material fijo en estaciones	975.600,00	813.810,00
Pasos a nivel y variaciones	803.310,00	10.044.605,00
Material móvil	13.114.140,00	3.835.050,00
Accesorios generales	742.020,00	533.138,14
Telégrafo eléctrico	454.863,42	6.808.124,66
Gastos imprevistos (5%)	8.449.819,50	9.692.100,23
Intereses de la 3ª parte del capital en 3 años, 6% al año	10.139.783,41	5.321.428,72
Gastos de admón. y dirección (3%)	5.069.891,70	153.856.402,37
TOTAL	192.655.884,71	177.994.896,28
Longitud línea (m)	201.704,25	203.594,41
Coste (reales/km)	955.140,43	874.262,20

Figura 8
Presupuestos de los proyectos de Page y Arribas (elaboración propia)

Planos

Los planos de la planta del trazado permiten conocer la realidad física del territorio que atraviesan, así como el contorno del caserío de las poblaciones inmediatas. En las proximidades de Trujillo (figura 9), aparece representada en aparente buen estado la Charca de Matalarrata y dos molinos anexos, una de las muchas presas históricas extremeñas que hoy se encuentran en ruinas (Plasencia-Lozano 2015a); se perciben también algunas de las casa de campo existentes en las cercanías de la población, como Baltravieso o Martinejos (Maldonado Escribano 2006). En las cercanías de Torremocha se distinguen la charca de Torrealba o Laguna Grande y la charca del Pozuelo. Además, pueden observarse en servicio puentes históricos como los de Almaraz o Jaraicejo (Méndez-Hernán & Plasencia-Lozano 2017).

Finalmente destacamos que las estaciones proyectadas se ubicaban en la periferia de los núcleos, pri-

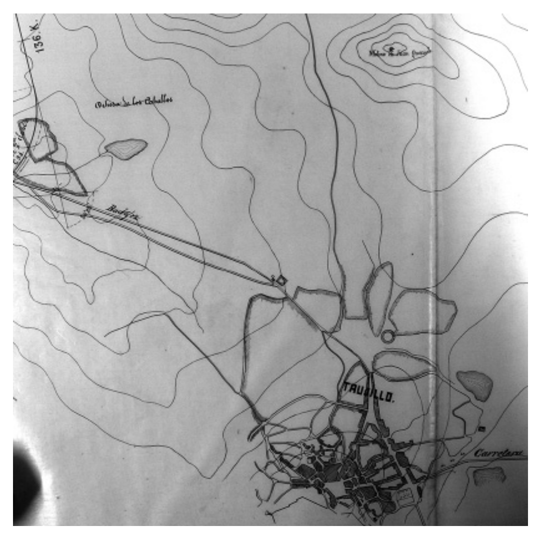


Figura 9
Trujillo, y su entorno. La estación se ubica en las cercanías. Se observan las presas históricas de San Lázaro y San Jorge (Plasencia-Lozano 2015b)

mando así el interés del trazado frente a la integración de la infraestructura en los centros urbanos; en esa época además tampoco resultaba atractivo para los ciudadanos tener una estación ferroviaria en las inmediaciones de su vivienda.

La revisión del proyecto de Ángel Arribas

El 15 de abril de 1863 se publicó una Real Orden concerniente al proyecto de Page que ordenaba estudiar de nuevo la segunda sección del trazado «para disminuir el coste y la importancia de las obras». En la misma se conminaba a flexibilizar los dos parámetros geométricos fundamentales: el radio en curva podía reducirse hasta los 400 m frente a los 500 m originales, y las pendientes podían aumentarse lo que fuera preciso.

Surge así la *Modificación del trazado de la segunda sección, por el ingeniero D. Ángel Arribas*, firmada en Madrid el 30 de octubre de 1863. Dado que el documento tenía por objeto único el de reducir el coste del presupuesto de la 2ª sección, el autor respeta los mismos precios de los materiales de construcción y del personal, y no entra en debates como el relativo al trazado por Almaraz o por Alconétar, o en cálculos económicos de explotación. Además, en su *Memoria* se daba por sentado que la Superioridad había aprobado el resto de elementos del proyecto de Page: secciones 1 y 3 al completo, tarifas, precios de obra o material móvil.

Para llevar a cabo esa reducción de costes, y gracias a la mayor flexibilidad de los nuevos parámetros geométricos, Arribas propuso un trazado para la segunda sección (figura 10) que modificaba los movimientos de tierra y los viaductos. Mientras que el proyecto original presentaba desmontes de hasta de 2.748 m de longitud, el modificado reducía a 1.532 m la longitud de los mayores y disminuía las cotas máximas a desmontar de un máximo de 20,41 m a 11,94 m; en cuanto a los volúmenes totales de movimiento de tierras, Arribas disminuía en 551.000 m^3 la cubicación del proyecto de Page. Y dado que el modificado eliminaba los muros de sostenimiento en terraplenes, la rebaja en el capítulo de explanación era significativa. El ahorro se lograba a costa de penalizar el trazado: el número de curvas aumentaba, introduciéndose 11 curvas de 400 m de radio y dos de 450 m, y la longitud total de las alineaciones en curva se incrementaba en 5.244 m. Al menos se mejoraban levemente las pendientes máximas, al bajarlas de 18 ‰ a 17,5 ‰. La figura 8 compara los presupuestos finales de ambos proyectos.

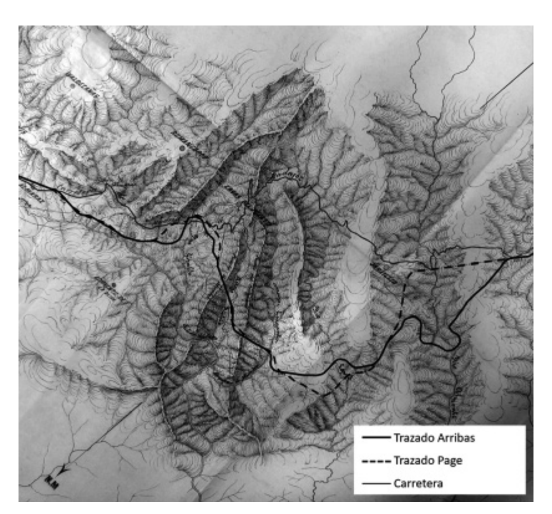


Figura 10
Trazados de Arribas y Page en la sección 2ª (elaboración propia)

En relación a los viaductos, se respetaban los viaductos del Tajo y del arroyo de la Garganta, y se reducían las dimensiones de los dos restantes a costa de definir nuevos puntos de cruce sobre los cursos de agua, alargando el trazado ligeramente. Las comparaciones entre las estructuras originales y las modificadas son sorprendentes (figura 11). Así, el viaducto del Almonte, del que Arribas señala en la *Memoria* que «excedía en mucho por sus colosales dimensiones a cuantos se han construido hasta ahora en las líneas españolas» se reducía a 214 m de longitud y 42 m de altura máxima (figura 12); esta estructura era también de tipología Warren, respetaba las dimensiones de las vigas y pilas de Page, y se ubicaba unos 5,5 km aguas abajo con respecto al anterior. Finalmente, en relación a los tres túneles, Arribas sustituía el menor de ellos por un desmonte pero respetaba las secciones propuestas.

En total, el presupuesto se reducía a 177.994.896,28 reales frente a los 192.655.884,71 del proyecto original, aumentando la longitud total a 203,594 km frente a los 201,703 km originales. El coste por kilómetro, tras el modificado de la sección 2ª, bajó de 955.146,35 reales/km a 874.263,96 reales/km, un 8,5% menos.

Conclusiones

El estudio realizado permite extraer una serie de conclusiones. Pese a lo obvio de la misma, en primer lugar señalamos que los proyectos de construcción no llevados a cabo presentan un valor documental de gran importancia, gracias a la enorme cantidad de datos que atesoran; en particular, el proyecto de Page nos muestra el estado del arte en numerosas áreas y pone de manifiesto la categoría y brillantez de su trabajo. Sus disquisiciones en cada decisión tomada muestran el amplio conocimiento que poseía de los ferrocarriles, la geografía o la economía y la contabilidad.

Los datos y planos de túneles y viaductos son testigos de los debates de la época en cuanto a tipologías y métodos de construcción, y en particular de la importancia creciente de los puentes de hierro en celosía; la falta de detalles en las estructuras sugiere que los viaductos más relevantes habrían de tener proyectos de detalle propios. No obstante, sí era preciso definir una primera solución –copiando tipologías de otros proyectos exitosos de similares o mayores dimensiones- de cara a evaluar los costes. En ese sentido cabe recordar la importancia de la *Revista de Obras Públicas* como medio difusor de las novedades técnicas producidas en otros países.

Es destacable también la idea de que el ferrocarril debía vertebrar aquellos territorios que cruzaba. El trazado entre Trujillo y Cáceres muestra la diferente naturaleza de carretera y ferrocarril, puesto que la carretera entre ambas poblaciones no atraviesa ningún núcleo intermedio y sin embargo el ferrocarril pre-

Viaducto/Túnel	PROYECTO DE PAGE				PROYECTO DE ARRIBAS			
	PK	Luz/ longitud (m)	Altura/ carga (m)	Presupuesto (reales)	PK	Luz/ longitud (m)	Altura/ carga (m)	Presupuesto (reales)
Viaducto del Tajo	84	220	49	5.158.863,00	84	220	49	5.159.873,00
Viaducto de la Garganta (arroyo de Riofrío)	98	94,73	40,97	2.429.923,00	98	94,73	40,97	2.429.923,00
Viaducto de Mesto (arroyo Lavid)	103	116,90	35,70	3.178.125,00	103	20	20	457.260,55
Viaducto del Almonte	111	406	67	9.959.264,00	114	214	42	5.076.873,00
Túnel de Pulgarina	91	260,42	25,67	3.000 reales/m	-	-	-	-
Túnel de Miravete	92	1.336,48	223,18	8.000 reales/m	94	1.329,76	223,18	8.000 reales/m
Túnel de Oreganal	96	1.127,00	169,20	8.000 reales/m	96	1.195,00	169,20	8.000 reales/m

Figura 11
Estructuras principales y túneles. Comparación entre proyectos (elaboración propia)

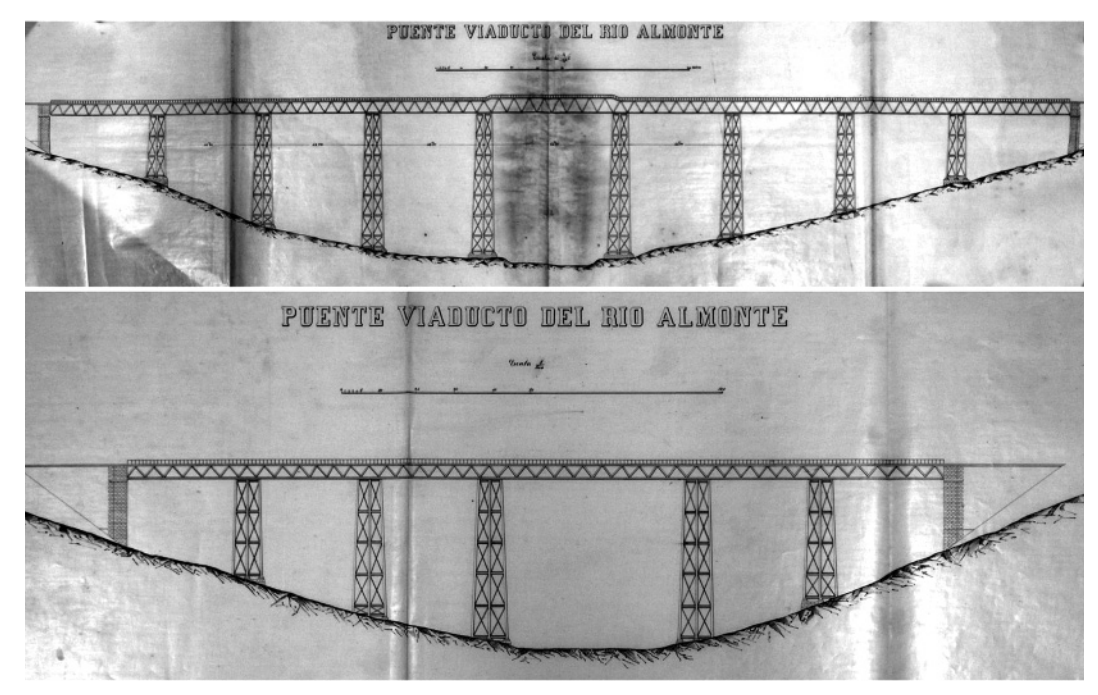


Figura 12
Viaducto del Almonte en ambos proyectos. El de Arribas pierde la simetría proyectada por Page (AHDC, 1862 y 1863)

veía 5 estaciones intermedias. La distancia en carretera era del entorno de los 50-55 km, y la de la línea férrea sería de 76 km.

El razonamiento acerca del paso óptimo del Tajo muestra cómo las redes de transporte están condicionadas de un modo rotundo por las singularidades orográficas e hidrológicas, y cómo a lo largo de la historia se van repitiendo los puntos óptimos de cruce sobre ellas.

El estudio económico expone la realidad decimonónica de que el ferrocarril era un mercado libre –con subvenciones a la construcción, eso sí-, distinto al existente desde 1941; el proyecto debía mostrar la viabilidad de la línea y por tanto incluía un estudio económico o un cálculo de necesidades del material móvil, así como la composición de trenes esperable y su consumo. El proyecto era en realidad el de un negocio, y no el de una infraestructura de servicios, sin más.

Podemos comparar las líneas proyectadas en 1862 con las actuales: de Talavera a Cáceres hay hoy 198 km de vía férrea frente a los 201 km del itinerario propuesto por Page. En relación a los parámetros geométricos fundamentales, la vía en explotación presenta curvas de radio inferior a 200 m y pendientes de hasta el 23 ‰, cuando en 1862 se imponían un máximo de 500 m y un 18 ‰ -400 m y 17,5 ‰ en el modificado de Arribas-. Además, los túneles y viaductos existentes son de vía única, frente a los proyectados de vía doble (posiblemente los túneles actuales limiten más la velocidad que los del proyecto aquí comentado).

Concluimos, al hilo de esta comparación, observando cómo la visión de Page de Extremadura, en tanto que nodo para los ejes ferroviarios Lisboa-Madrid, Lisboa-Valencia y Sevilla-Gijón nunca llegó a cuajar. La cicatería de las inversiones –en el siglo XXI aún no existe una vía como la propuesta en 1862-, la escasa promoción de dichos ejes y la tradicional ausencia de grandes reivindicaciones por parte de la población extremeña (Alonso de la Torre 2003) son causantes de la situación ferroviaria en un territorio que, desde hace siglos, aún padece las consecuencias de la apatía de gobernantes y población en

lo que a infraestructuras se refiere. Posiblemente la historia hubiera sido distinta si la línea aquí citada –junto con otras proyectadas y no construidas- se hubiese llevado de la tinta y el papel al hormigón, al hierro y al acero.

Notas

1. Este texto ha sido redactado dentro del Proyecto de Investigación «La patrimonialización de un territorio: conformación de paisajes culturales entre el Tajo y el Guadiana en Extremadura» (HAR 2013-41961-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Agradecemos al personal del Archivo Histórico de la Diputación de Cáceres su ayuda para la consulta de fondos.
2. Page escribe «Brunnel».
3. La estación de Cáceres debería permitir la continuación de los trenes hasta Lisboa, por lo que no podía desviarse mucho de la posible continuación prevista hacia el oeste.
4. Page señala «patente Warren-Kennard».

Lista de referencias

De Almeida, F. 1980. *Arquitectura de Engenheiros - séculos XIX e XX*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Alonso de la Torre, J.R. 2003. «Petra la del cajón». *El Periódico Extremadura*, 13-1-2003.

Anon. 1855. «Estado que manifiesta los diferentes servicios que desempeñan los individuos que componen el cuerpo de ICCP». *Revista de Obras Públicas*, 1(3): 7–11.

Anon. 1857. «Ferro-carril de Zaragoza a Alsasua por Tudela y Pamplona». *Revista de Obras Públicas*, 3(8): 92–94.

Anon. 1899. «Relación nominal de los Ingenieros de Caminos que terminaron sus estudios en los años de 1939 a 1898». *Revista de Obras Públicas*, 7 (1267): 55–62.

Blanch Sánchez, A. 2013. «La llegada del ferrocarril a Extremadura: una época de especulación y corrupción». *Revista de estudios extremeños*, (69): 437–460.

Cuéllar Villar, D. 2010. «Transportes y Patrimonio Histórico: La herencia de la Revolución Industrial». *Areas Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (29): 61–71.

Domínguez Pedrera, M. del C. 1993. «La estación de Arroyo-Malpartida como depósito de puestos fijos». *Norba Historia*, (13): 163–194.

James, J.G. 1980. «The Evolution of Iron Bridge Trusses to 1850». *Transactions of the Newcomen Society*, 52(1): 67–101.

Lama, J.M. 2013. «Un extremeño, pionero del ferrocarril: Marcelino Cavero». En *150 años de tren en Extremadura*. Badajoz: Diputación de Badajoz, 54–57.

López-Morell, M.Á. 1999. «El papel de los Rothschild en la construcción de los ferrocarriles en España (1855-1874)». En J. Vidal Olivares, M. Muñoz Rubio, & J. Sanz Fernández, eds. *Siglo y medio del ferrocarril en España, 1848 - 1998 : economía, industria y sociedad*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante, 669–692.

Maldonado Escribano, J. 2006. «Palacios, cortijos y casas de campo en las dehesas de Trujillo (Cáceres) desde el Siglo XV al XIX». En *XXXIV Coloquios históricos de Extremadura*. Trujillo: C.I.T., 379–411.

Méndez-Hernán, V. & Plasencia-Lozano, P. 2017. «Metodología para el análisis de puentes históricos aplicada al puente de Jaraicejo. Historia y evolución de fases constructivas». *Informes de la Construcción*, 69 (545), e183.

Navascués Palacio, P. 2007. *Arquitectura e ingeniería del hierro en España (1814-1936)*, Bilbao: Fundación Iberdrola.

Page, E., 1881. *El ferro-carril*, Madrid: Tip. de G.Estrada.

Pineda y Cevallos-Escalera, A. 1881. *Casamientos regios de la Casa de Borbón en España (1701-1879)*, Madrid: Imp. de E. de la Riva.

Plasencia-Lozano, P. 2016. «An analysis of Merida's iron railway bridge: an example of a Linville truss bridge in Spain». *Construction history*, 31 (1): 161–172.

Plasencia-Lozano, P. 2015a. «Comparativa crítica entre las presas históricas extremeñas y las presas históricas construidas en el entorno de Siena». *Norba, Revista de Arte*, (35): 223–233.

Plasencia-Lozano, P. 2015b. «Las albueras históricas de Trujillo (España). Una propuesta para su uso como elementos centrales de la planificación en la periferia urbana». En *Architettura e Città. Problemi di conservazione e valorizzazione*. Florencia: Altralinea Edizioni, 397–404.

Ramos Vicente, J.J. 2013. «Los ferrocarriles de la provincia de Cáceres». En *150 años de tren en Extremadura*. Badajoz: Diputación de Badajoz, 82–87.

Retortillo, Á. 1859. «Puentes de hierro: vigas de celosía». *Revista de Obras Públicas*, 10 (7):117–122.

Saavedra Moragas, E. 1857. «Viaducto de Crumlin». *Revista de Obras Públicas*, 19 (5): 220–222.

El *Tratado Práctico de Edificación* de Étienne Barberot, un referente constructivo del siglo XX

Josep Maria Pons Poblet

> Son diversas las maneras de entrar en el análisis de los textos históricos que pueden aportar datos de enorme interés para el desarrollo de la historia de la construcción (González 1996).

En la segunda década del siglo XX, se publicó en el estado español el *Tratado Práctico de Edificación*, traducción castellana del libro *Traité de constructions civiles* del arquitecto francés Étienne Barberot. A punto de cumplirse el centenario de la misma, se explicita en esta comunicación el contenido y alcance del que se ha convertido en un clásico dentro de los Tratados de Construcción del siglo XX (figura 1).

El título del libro es una declaración de intenciones de lo que el autor presentará a lo largo de los dieciocho capítulos y más de ochocientas páginas[1], convenientemente ilustradas, en el Tratado. Encontramos en él referencias al terreno, a los materiales, a las instalaciones, sin olvidar los interiores y exteriores ni una importante reseña técnica del Hormigón Armado, de la Construcción Metálica y de la propia Resistencia de Materiales.

El rigor en el tratamiento de estos ítems hizo de él un libro de consulta para arquitectos e ingenieros y, con el paso de los años, ha continuado siendo un material de referencia para la construcción y el estudio evolutivo de la misma en un periodo importante del siglo XX

El autor, Jean Étienne Casimir Barberot

Ha resultado tarea ardua la búsqueda de información biográfica del autor del libro que nos ocupa; Don Étienne Barberot. Las referencias, escasas, han sido extraídas a través de su obra impresa. En toda ella nos consta la referencia Barberot, Étienne (1846–19...), con la cual cosa deducimos la fecha de su nacimiento, esto es 1846, y que su deceso fue en el siglo XX (probablemente en las primeras décadas).

Otra constante nos es dada en las publicaciones; la referencia par E. Barberot Membre de la Société centrale des Architectes nos indicaría su formación académica. Ahora bien, en ningún libro, ni diccionario de arquitectura consultado, nos aparece reflejada la entrada del arquitecto francés. Este hecho nos hace suponer que su obra arquitectónica debió ser más bien parca, nada comparable cuando se trata de citar su obra escrita.

Así pues podríamos decir que Monsieur Étienne Barberot fue un arquitecto francés –perteneciente a la Société centrale des Architectes. Nacido en 1846, es conocido por su obra escrita, abundante como veremos. Entre ésta cabe destacar Traité de constructions civiles –que llegó a España bajo el título Tratado Práctico de Edificación– convertida en un manual (técnico a la vez que docente) de gran parte del siglo XX.

Su obra escrita

La obra escrita de Étienne Barberot es fácilmente consultable gracias al acceso digital que nos proporciona la Biblioteca Nacional de Francia (BnF).[2] Desde el citado Tratado Práctico de Edificación que nos ocupa, hasta una Historia de los estilos arquitectóni-

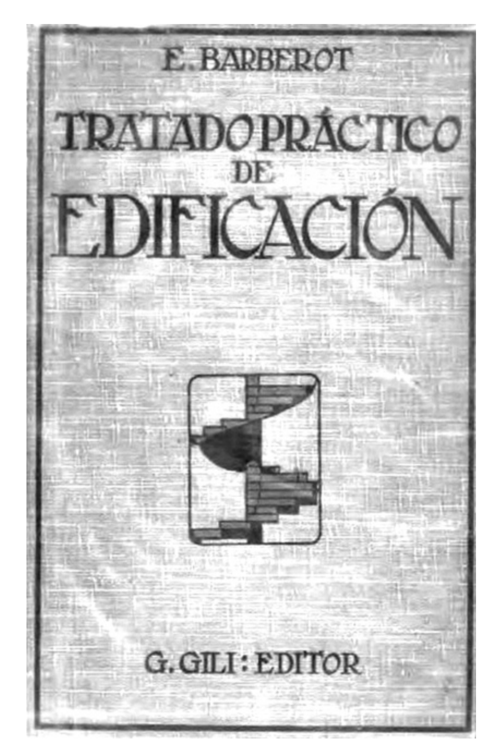


Figura 1
Traité de constructions civiles. Barberot, Étienne (Autoría personal)

cos en dos volúmenes, Barberot incide en múltiples temas constructivos presentándolos en forma de Tratado. Podríamos destacar:

- Traité pratique de serrurerie. Constructions en fer et serrurerie d'art[3].
- Histoire des styles d'architecture[4].
- Traité pratique de la législation des bâtiments et des usines[5].
- Traité pratique de menuiserie[6].

El Tratado en Arquitectura

> El saber constructivo es el que aporta métodos al arquitecto para que sea capaz de optimizar los resultados de las formas construidas frente al complejo conjunto de exigencias esencialmente contradictorias entre sí. (González 1993, 17).

La presentación previa del libro como un clásico de los Tratados del siglo XX, nos hace incidir, aunque muy brevemente, en el tema de los Tratados Arquitectónicos. Este hecho implica que citemos al referente de los mismos; el Vitruvio, sin duda el texto que ha guiado inexorablemente la formación de la teoría arquitectónica en relación con el saber constructivo (González 1993, 35). No siendo objetivo de nuestro presente trabajo, sí que se ha creído que fuere interesante, aunque puntualmente, indicar los textos de los que, muy probablemente, el mismo Barberot bebió antes de la publicación de su Traité. Para ello, se recomienda a lectores interesados la bibliografía dada en el libro del Dr. González-Navarro (González 1993) donde, explícitamente, se nos da una amplia relación de textos agrupados por países de origen; esto es, Italia, Francia y España.

En el caso que nos ocupa, si citamos textualmente el título, ya vemos la voluntad de su autor; el de presentar un *Tratado de edificación práctico*. Como él denotará, su objetivo será el de «aportar métodos al arquitecto para optimizar los resultados de las formas construidas». Esta declaración de intenciones alejaría al lector que buscase en él una obra teórica o discursiva. Y es que de hecho, el Tratado habría de ser entendido como un compendio del saber constructivo donde el técnico (y/o el estudiante que busca formación) encontrase en él todo aquello necesario para comprender (iniciarse) en este complejo mundo:

> «En ellos podemos encontrar muy diferentes niveles de abstracción. Desde el estatuto epistemológico que tienen los saberes de la construcción dentro de la arquitectura o la ingeniería, hasta aspectos bien concretos como, por ejemplo, qué procedimientos se disponían para encontrar piedras para elaborar la cal» (González 1996).

Tomando la premisa previa, nuestro objetivo será constatar que el *Traité* de Monsieur Barberot cumple con creces este noble propósito.

Para la comunicación que se presenta, se han tomado como referencia por un lado la versión francesa anteriormente aludida y por otra, la española del *Tratado*[7] que se referencia en la página de la Sociedad Española de Historia de la Construcción. A su vez desde allí se pudiere obtener en formato electrónico[8].

Traité de Constructions Civiles. Tratado Práctico de Edificación

> Nous y avons traité toutes les branches de la construction et de industries qui s'y rattachent, de manière à donner en même temps qu'un livre enseignant, une sorte d'aide-mémoire répondant à tous les cas de la pratique.

Consultado el *Préface*, percibimos con detalle todo lo que en él el lector encontrará. Sin duda, se observa la voluntad amplia y generalista del autor francés que, a lo largo de más de 1100 páginas, describirá con creces los siguientes ítems:

> Travaux préparatoires et connaissance du sol, maçonnerie, pavages divers, accessoires de maçonnerie, béton de ciment armé, marbrerie, vitrerie, vitraux, charpente en bois, charpente métallique, couverture, menuiserie et ferrures, escaliers, monte-plats, monte-charges et ascenseurs, plomberie d›eau et sanitaire, chauffage et ventilation, décoration, éclairage au gaz et à l›électricité, acoustique, matériaux de construction, résistance des matériaux, statique graphique, renseignements généraux.[9]

Como se puede ver, el deseo de Barberot es generalista, constituyendo, sin duda, un Tratado de construcción completísimo. Su voluntad, reflejada en el prólogo de la edición francesa, ha ayudado a entender el porqué y el cómo de la estructuración del mismo. Es bueno indicar que, desgraciadamente, en las distintas ediciones consultadas en traducción española, este material no se encuentra disponible y se pasa directamente al capítulo primero. Teniéndolo quizás ayudaría, como se indicaba, a entender el proceso didáctico seguido por el autor francés al presentar el trabajo (figura 2).

Siguiendo la lectura del prólogo (edición original francesa), Barberot deja claro los destinatarios finales del libro: à tous ceux qui s'occupent de l'art de construire. Añadiendo también que su voluntad ha sido la de «rendre facile à consulter par tous, et pour cela nous l'avons écrit assez peu théorique pour ne pas réclamer des connaissances étendues et une initiation que demandent généralement les livres savants pour être compris». Fácilmente entonces se comprueba porqué el texto es abundante en ilustraciones y tablas de los conceptos que el mismo va definiendo, presentándolos de forma clara y concisa con la minimización de fórmulas largas y tediosas.

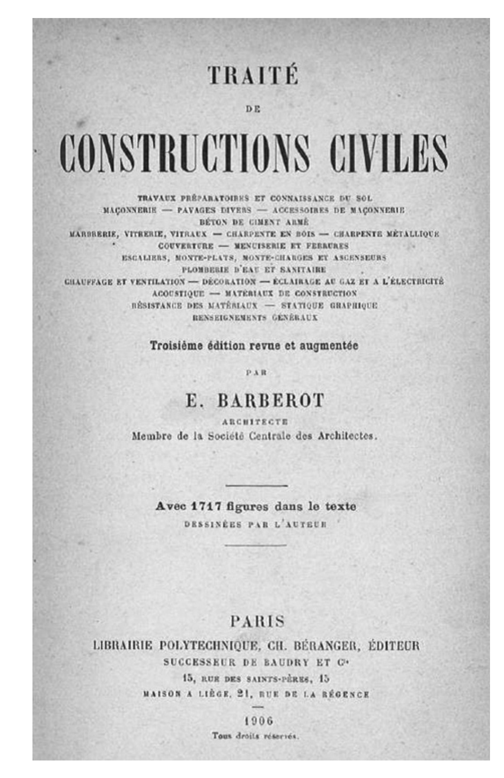

TRAITÉ
DE
CONSTRUCTIONS CIVILES
TRAVAUX PRÉPARATOIRES ET CONNAISSANCE DU SOL
MAÇONNERIE — PAVAGES DIVERS — ACCESSOIRES DE MAÇONNERIE
BÉTON DE CIMENT ARMÉ
MARBRERIE, VITRERIE, VITRAUX — CHARPENTE EN BOIS — CHARPENTE MÉTALLIQUE
COUVERTURE — MENUISERIE ET FERRURES
ESCALIERS, MONTE-PLATS, MONTE-CHARGES ET ASCENSEURS
PLOMBERIE D'EAU ET SANITAIRE
CHAUFFAGE ET VENTILATION — DÉCORATION — ÉCLAIRAGE AU GAZ ET A L'ÉLECTRICITÉ
ACOUSTIQUE — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX — STATIQUE GRAPHIQUE
RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX
Troisième édition revue et augmentée
PAR
E. BARBEROT
ARCHITECTE
Membre de la Société Centrale des Architectes.
Avec 1717 figures dans le texte
DESSINÉES PAR L'AUTEUR
PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE
1906
Tous droits réservés.

Figura 2
Traité de constructions civiles. Barberot, Étienne (Gallica)

Al respecto; «notre livre permet au constructeur professionnel de trouver tous les renseignements pouvant lui être utiles pour l'étude d'un plan ou pour l'exécution des travaux».

Manifestada la voluntad de Étienne Barberot, a continuación se nos presenta la esencia del programa del libro:

> […] traiter de toutes les professions appelées à coopérer à un ensemble de travaux ayant pour but l'édification d'une maison, c'est-à-dire comme corps d'état, tout ce qui a rapport à la construction civile en général, en y adjoignant des spécialités ou des renseignements généraux propres à compléter ou à mettre en pratique les procédés de constructions, ou les formules permettant d'établir exactement les forces et dimensions des pièces dans les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique.

Es interesante remarcar que, como previamente se había comentado, a pesar que el Tratado estuviere

pensado principalmente para todas aquellas personas que directamente se encontrasen relacionadas con el mundo constructivo, también pudiere ser usado para quienes no estén tan familiarizados con este entorno. De esta manera, el abundante número de gráficos y ejemplos breves, que ayudaran al técnico, sin duda serán un elemento clave para el estudiante que se está introduciendo en el saber constructivo. Por eso el *Traité* era también habitual en la lista de la bibliografía docente de los centros educativos superiores.

Por último, justificado su uso consultivo para los técnicos a la vez que para el binomio maestro-docente, quedaba el grupo de personas que, quizás tratando puntualmente con el mundo constructivo, no estaban totalmente avezados con él. Al respecto Barberot concluye,

> Pour faciliter aux personnes peu familiarisées avec les formules ou les épures, la recherche des forces nécessaires, nous avons donne des tableaux de calculs faits aveux des exemples d'application qui en font comprendre le mécanisme.

Llegados a este punto, y una vez visto el amplio público al que el autor tiene la intención de dirigirse, pasemos brevemente a mostrar el índice de los temas tratados así como su esquematización.

Recordando nuevamente que, el objetivo metodológico es tratado «suivant la marche du travail dans un bâtiment», el índice queda estructurado en los siguientes capítulos y con el siguiente orden (tabla 1).

Capítulo Primero	Trabajos preparatorios y reconocimiento del terreno
Capítulo II	Fábricas en general
Capítulo III	Obras de pavimentación
Capítulo IV	Obras accesorias
Capítulo V	Hormigón armado
Capítulo VI	Marmolería, Vidriería, Vidrieras artísticas
Capítulo VII	Carpintería de armar
Capítulo VII	Construcciones metálicas
Capítulo IX	Cubiertas
Capítulo X	Carpintería de taller y herrería
Capítulo XI	Escaleras. Ascensores
Capítulo XII	Distribución de agua y saneamiento
Capítulo XIII	Calefacción y ventilación
Capítulo XIV	Obras diversas de decoración
Capítulo XV	Instalaciones de gas y de electricidad
Capítulo XVI	Materiales de construcción
Capítulo XVII	Resistencia de materiales
Capítulo XVIII	Tablas y datos diversos

Tabla 1
Índice de capítulos

Tal y como podemos apreciar en la estructuración anterior, el ámbito de aplicación es amplísimo, abordando como él mismo refería à tous ceux qui s'occupent de l'art de construire. Sin duda, la lectura del texto aporta un sinfín de casos que resultan de gran ayuda al estudioso de la construcción histórica ya que el *Traité* presenta casos que hoy en día ya no se encuentran en los actuales Tratados. Este hecho no impide, ni habría de impedir, que fuesen presentados al estudiante –futuro técnico– ya que el conocimiento de los mismos puede ayudar en su vida profesional para ver y entender el cómo y el porqué de determinadas soluciones constructivas que se realizaron en un determinado momento. La realidad que envuelve cada época, sin duda, configura la solución constructiva de la misma y, también, la normativa que en ella existe.

Llegados a este punto, hubiese sido mi voluntad referenciar cada una de las partes anteriores. Sin embargo, conscientes de la limitación que implica una comunicación concreta, se intentará profundizar en las anteriormente sombreadas.

La teoría de estructuras a inicio del siglo XX. Un breve apunte

> *ESTRUCTURA=La distribución y orden de las partes de un edificio* (Matallana 1848).

Cuando el Barberot ve la luz, el mundo del cálculo estructural estaba a punto de dar un salto cualitativo importante. De la definición previa obtenida del *Vocabulario de Arquitectura Civil*, parece ser que la estructura, tan sólo, sería aquella parte referida a la distribución y el orden. Es decir que lo que entendemos hoy en día como cálculo de la estructura parece relegada a un no muy significante lugar.

De hecho, gran parte de las estructuras diseñadas podían asimilarse a tipologías isostáticas. Por

este motivo, el problema del cálculo pasaba a segundo lugar ya que eran conocidas las ecuaciones de la estática o bien el procedimiento de la estática gráfica.

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0 \text{ y } \sum M_z = 0$$

El problema hiperestático raras veces se planteaba y, en el caso que así fuere, se recorría a las conocidas formulaciones clásicas de Mohr (1835–1918) y Castigliano (1847–1884), o bien a la integración de la elástica, entre otras, para solventarlo. A pesar de ello resultaba un ejercicio muy tedioso si se trataba de vigas, o pórticos, con elevada hiperestaticidad. Para su resolución, un primer estudio nos llevaría al año 1857 cuando Benoit Paul Émile Clapeyron (1799–1864) presentó, en l'Académie des Sciences, la formulación del Teorema de los tres momentos que permitía, de manera relativamente ágil, la resolución de la biga hiperestática. A pesar de ello, la teoría de estructuras requería de nuevo formulaciones más ágiles que las existentes ya que, el aumento del número de barras de los entramados de éstas, a la vez que su elevada hiperestaticidad, generaba un sistema de ecuaciones resolutivas que implicaba largos cálculos para llegar al resultado deseado. Eran necesarios nuevos métodos que, sin perder de vista el rigor y la seguridad, facilitasen el cálculo al proyectista. A pesar de la formulación de algunos métodos de gran utilidad y rigor[10], no será hasta principios de la tercera década del siglo XX cuando el cálculo de estructuras recibirá un nuevo enfoque. Este hecho se debe a la aparición de un método iterativo de resolución que pasaría a conocerse como el Método de Cross en honor a quien lo formuló; Hardy Cross (1885–1959). Cuando Étienne Barberot presenta el libro, así como sus sucesivas impresiones y traducciones, el cálculo estructural se encuentra enmarcado en este proceso.

Hormigón Armado

> Se designa con las expresiones de cemento armado o de hormigón armado (que es la denominación apropiada) toda clase de construcción en la cual el hierro o el acero, en forma de barras, están embebidos en el mortero o en el hormigón de cemento, que son los que dan forma exterior a la obra, pues la armazón metálica no queda nunca aparente.

El hormigón armado fue, sin duda, uno de los materiales por excelencia del siglo XX junto con el acero. Barberot le dedica un capítulo de su libro recogiendo aspectos importantes del material y de la construcción que de él se generaba. Ciertamente no es un bloque muy extenso y muchos de los conceptos simplemente se enumeran sin justificar. No hemos de olvidar que la obra se nos presenta en forma de Tratado, aunque una mínima bibliografía consultable se cree que hubiere estado apropiada, especialmente si el técnico quisiese saber el porqué de determinada solución constructiva propuesta. También cabe citar que al respecto, el editor de la obra en su contraportada nos ofrece distintos títulos de sus publicaciones donde encontramos la de Hormigón Armado.

Abordando ya nuestro Tratado, Barberot nos hablará de la composición del material y datos diversos del mismo así como de elementos constructivos que concluirán con unos breves cálculos de resistencia.

Antes de tratar el tema propiamente dicho del hormigón armado, Barberot dedica una breve Reseña Histórica del material. Sin duda este apartado, que puede pasar desapercibido para el técnico que busque en el libro soluciones constructivas o bien el dimensionamiento de la sección (o comprobación de la misma), resulta de sumo interés para aquellos que quieran conocer la historia y la evolución del material. Aparte de referencias a técnicos y sus teorías, se pueden observar las primeras aplicaciones con las que se empleaba este material destacando su empleo muy raras veces, lo que hay que atribuir, sin duda alguna, al elevado precio que tenía el hierro cuando la metalurgia no había realizado todavía los progresos que han permitido después rebajarlo considerablemente.

Respecto al conjunto de técnicos que Barberot cita, se quiere destacar (entre otros) la referencia que hace de las figuras tanto de Juan Manuel de Zafra (1869–1923) como de José Eugenio Rivera (1864–1936) que han dado resultados que permiten tener bases de cálculo suficientes para que las dimensiones de las piezas y de las armaduras estén en relación aproximada con los esfuerzos a que están sometidas. De sumo interés en esta breve reseña fueren también las reflexiones que va haciendo el autor en primera persona de sus experiencias con el material, así como de los hechos observados de realidades de otros técnicos con los que va complementando el texto. Ahora bien, quizás lo más significativo sea la parte conclu-

siva de esta breve introducción, que deja a la luz que el campo del hormigón armado aún está en estado casi embrionario.

> El hormigón armado es un procedimiento de construcción que no tiene todavía bases de cálculo absolutamente exactas y en cual el cemento y el metal trabajan de una manera todavía incompletamente conocida y, en nuestra opinión, esta clase de obras no debe encargarse más que a los especialistas.

Como decíamos previamente, el interés de incluir estos ítems es principalmente histórico pues, por una parte se puede observar cómo ha ido evolucionando el material y, por otro lado, pueden servir de valores orientativos en caso de un estudio histórico de una obra de este periodo pues nos indicaría el valor que tomaban los técnicos calculistas al respecto. Siguiendo este patrón es interesante destacar que,

> Los coeficientes de trabajo que pueden emplearse en el cálculo de las construcciones de hormigón armado, son: para hormigón que trabaje sólo por compresión, de 20 a 25 kg por cm^2; para el hierro sometido a tracción, de 900 a 1200 kg por cm^2; para el acero dulce sometido a tracción, de 1100 a 1400 kg por cm^2.

La descripción de los materiales empleados (arena, cemento, gravilla y metal) que encontramos en el libro, se completa con los coeficientes de resistencia a la rotura por centímetro cuadrado (figura 3) del cemento portland, mortero, acero dulce y hiero laminado;

Una vez caracterizado el material, sus principales componentes y sus valores característicos, el autor refiere una serie de elementos constructivos implementados con hormigón armado. La lectura exhaustiva de los mismos nos vuelve a dar idea del proceder constructivo del periodo en cuestión. Los elementos tratados por Barberot son: cimentaciones, placas o

MATERIALES	Tracción Kg/cm²	Compresión Kg/cm²	Esfuerzo cortante Kg/cm²	Flexión Kg/cm²
Cemento portland de fraguado lento	10	80 a 150	—	10 a 30
Mortero de cemento portland . .	13	100 a 300	26	—
Acero dulce	4500	5500	3700	5900
Hierro laminado.	3800	3000	2900	4800

Figura 3
Coeficientes de resistencia a la rotura. (Barberot).

losas, tabiques, muros, depósitos, tubos, pilares, vigas, viguetas, suelos, bóvedas, cuchillos para cubiertas y ménsulas.

Con una lámina ilustrativa de estos conceptos, se puede deducir cual fuere el sistema constructivo habitual en la época (figura 4).

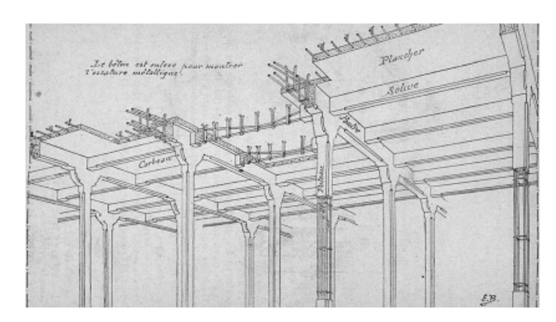


Figura 4
Construcción monolítica de hormigón armado, sistema Hennebique (Barberot).

A partir de este punto, entramos plenamente en el ámbito constructivo donde, según el autor, la tipología estructural monolítica de las construcciones de hormigón armado, permite hacer la consideración de las piezas sometidas a flexión como semi empotradas –e incluso totalmente empotradas.

> Las vigas que se consideran empotradas se construyen colocando hierros horizontales en la parte inferior y otros hierros que parten de la superior y van descendiendo, hasta una distancia determinada, para seguir después paralelamente a los primeros y volver subir simétricamente.

La sentencia anterior, que sin duda pueden ayudarnos a entender el proceder de los técnicos de la época, nos permite entender el cómo pero no el porqué del sistema constructivo presentado. Para entender el motivo de este proceder, que será totalmente distinto del de la estructura metálica, hemos de retroceder, aunque puntualmente, al estudio de la viga articulada frente a la empotrada. De hecho, el mismo autor nos prescribe que una viga está simplemente apoyada en sus extremos o empotradas en los mismos.

El caso a priori más simple fuere el de considerar la biga como elemento estructural simplemente apoyado por un lado, apoyado (o articulado) en el opues-

to y con una carga uniforme repartida que equivaldría a la resultante de las acciones permanentes y variables.

Tratándose de una biga isostática, se pueden aplicar las referidas ecuaciones de la estática $\sum F_{x,y} = 0$ y $\sum M_z = 0$ para deducir el valor de las reacciones así como la determinación de los diagramas de los principales esfuerzos. En este caso, Barberot afirma,

> En el primer caso, la región comprimida es continua en toda la longitud de la viga. El empleo de una viga de hormigón armado, concebida racionalmente, puede admitirse pero no aconsejarse.

Radicalmente opuesto es el caso de la biga empotrada. Este caso consiste en la consideración de la viga como un elemento estructural empotrado en los dos extremos soportando, como en el caso anterior, una carga uniforme.

Las ecuaciones de la estática no resultan suficientes para su resolución. Ésta obliga a usar, aparte de las ecuaciones de la estática, alguna de las formulaciones anteriormente citadas como pudieren ser los teoremas de Mohr o la integración de la elástica. La solución es radicalmente distinta del caso anterior pues, entre otras cosas las ecuaciones resultantes demuestran la inversión de momentos flectores. Podemos leer en este caso concreto,

> En el segundo caso, la región comprendida no es continua en toda la longitud de la viga, puesto que el momento flector cambia dos veces de sentido y produce el cambio correspondiente de la mencionada región. La viga de una sola armadura no conviene, por tanto, para este caso.

El autor indica cual sería la tipología más adecuada para las vigas de hormigón armado teniendo presente que todos los sistemas parten de este principio: no conservar el metal más que donde haya tracción. Atribuyendo principalmente la capacidad resistente a compresión al hormigón y la de tracción al metal, el autor francés parte de dos de las tipologías estructurales más empleadas y las adapta convenientemente a las características estructurales del hormigón.

La primera solución, tiene su fundamento en la viga de hierro Pratt, suprimiendo de ella los montantes comprimidos de modo que no conserva para el hierro más que el trabajo de tracción dejando a cargo del hormigón resistir la compresión (figura 5).

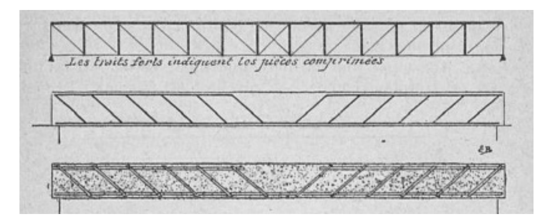


Figura 5
Esquema estructural basado en la tipología Pratt (Barberot).

Por otro lado, «podría derivarse una armadura de la viga de hierro Howe, suprimiendo de ella las diagonales comprimidas, con lo que se obtiene la viga de dos armaduras simétricas. Ésta, según el autor suscribe, creemos la más racional, puesto que no se sabe fijamente si hay o no empotramiento de los extremos, de manera que en la parte superior también pueden haber esfuerzos de tracción» (figura 6).

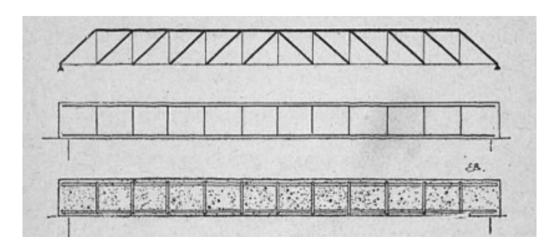


Figura 6
Esquema estructural basado en la tipología Howe (Barberot).

Resistencia de Materiales

> El cálculo de la resistencia de las diversas partes de una construcción o de una máquina, sometida a fuerzas dadas, es una de las partes más delicadas e importantes de la ciencia del ingeniero.

Sin duda, uno de los apartados más ambiciosos es el correspondiente a la Resistencia de Materiales. Sorprende, pero, que sea el último a tratar y sea presentado una vez ya lo ha sido tanto la parte metálica como la correspondiente de hormigón armado. También cabe destacar la alusión al ingeniero como el técnico responsable de la parte resistiva de la construcción, dejando la parte del proyecto en sí al arquitecto. De hecho, este argumento era muy usual en la época (Cardellach 1970).

Respecto a la materia en sí, Barberot subdivide esta disciplina en los siguientes apartados:

- Cálculo analítico de esfuerzos
- Momentos de Inercia
- Coeficientes de resistencia de piedras y de fábricas
- Resistencia de las maderas
- Resistencia de los hierros
- Estática gráfica.

En el enfoque que continuará, Barberot, sin duda influido por su formación de arquitecto, postula que:

> En nuestra opinión, lo mejor en toda clase de construcciones es investigar, visitar y estudiar modelos y precedentes ya construidos, inspirarse en ellos de un modo general, para las proporciones que se deben dar a la obra que se trate.
>
> Este primer croquis hecho en papel se someterá posteriormente al cálculo.

Claramente del binomio geometría-cálculo prima el primer término; el geométrico. Respecto al segundo, su atención se centrará en el cálculo de esfuerzos –paso previo para la dimensión/comprobación de la sección. Para ello, estos esfuerzos estudiados son subdivididos en los siguientes:

1. Esfuerzo o trabajo a la tracción.
2. Esfuerzo transversal o cortante.
3. Esfuerzo flexor o trabajo a la flexión.
4. Esfuerzo o trabajo a la compresión.

A pesar que fuere interesante presentar cómo el autor formula la anterior tipología de esfuerzos (no siempre de la misma manera que los libros actuales), se ha creído conveniente su no inclusión pues es fácilmente consultable en el propio Tratado. Sí que ha sido intención del autor que suscribe la comunicación presentar aquellos puntos que difieren de los de hoy en día tanto de la forma como del fondo, como pudieren ser algunos valores característicos y el fenómeno del pandeo. Así pues, puede resultar interesante mostrar qué valores de E (coeficiente de elasticidad) emplea –pues sería orientativo de los usados en las tipologías constructivas de la época. En este caso encontramos los siguientes valores (kg/cm^2):

$$E_{\text{hierro dulce}} = 2000000,\ E_{\text{acero dulce}} = 215000,\ E_{\text{fundición}} = 750000\ \text{kg/cm}^2.$$

Ahora bien, lo que resulta curioso es que en el apartado dedicado a esfuerzos normales no se mencione el fenómeno del pandeo. Barberot indica sólo: todos los materiales pueden someterse a esfuerzos de compresión, dentro de límites distintos. De hecho, la única intuición que el lector puede entrever está en el hecho que mencione una sección prismática (pilar, columna, entrepaño o lienzo de muero) para resistir los esfuerzos de compresión frente a la sección de una varilla para los efectos de tracción (figura 7).

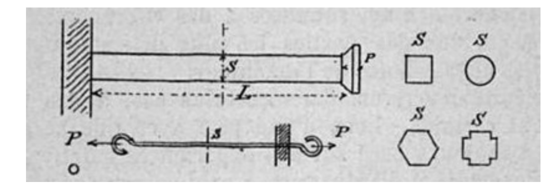
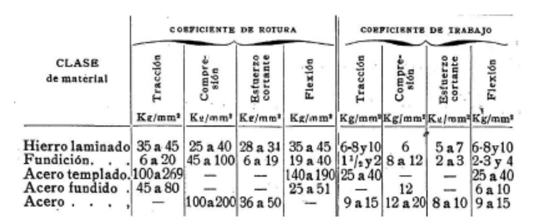


Figura 7
Distintas formas de sección para pieza sometida a esfuerzo normal (Barberot).

En el apartado dedicado a la resistencia de los hierros, material por excelencia de la construcción, estos diferentes esfuerzos serán tratados con más detenimiento remarcando que es un material muy apto para resistir, indistintamente, esfuerzos de tensión o de compresión, esfuerzos cortantes y flexión (figura 8).

Queda claro que el tema del pandeo, especialmente crítico en estructura metálica, queda tímidamente apuntado y sin ningún rigor, más aún cuando en un apartado secundario Barberot afirma una sentencia que creemos no habría de dejar indiferente al lector:

> En las construcciones ordinarias, apenas hay que tener en cuenta el pandeo; las columnas, aunque se superpongan



CLASE de material	COEFICIENTE DE ROTURA				COEFICIENTE DE TRABAJO			
	Tracción Kg/mm²	Compresión Kg/mm²	Esfuerzo cortante Kg/mm²	Flexión Kg/mm²	Tracción Kg/mm²	Compresión Kg/mm²	Esfuerzo cortante Kg/mm²	Flexión Kg/mm²
Hierro laminado	35 a 45	25 a 40	28 a 31	35 a 45	6-8 y 10	6	5 a 7	6-8 y 10
Fundición. . .	6 a 20	45 a 100	6 a 19	19 a 40	1 1/2 y 2	8 a 12	2 a 3	2-3 y 4
Acero templado.	100 a 269	—	—	140 a 190	25 a 40	—	—	25 a 40
Acero fundido .	45 a 80	—	—	25 a 51	—	12	—	6 a 10
Acero	—	100 a 200	36 a 50	—	9 a 15	12 a 20	8 a 10	9 a 15

Figura 8
Cargas admitidas para el hierro, la fundición y el acero (Barberot).

desde la planta baja hasta el último piso, no alcanzan nunca la longitud peligrosa para el pandeo, pues se ven arriostradas por los suelos. Basta reducir el coeficiente de trabajo a 500 ó 600 kg/cm^2 para tener completa seguridad.

Tal afirmación se cree que, para ser tomada en consideración, necesitaría de un exhaustivo estudio, especialmente si se trata de estructuras metálicas, con gran capacidad al pandeo debido a su esbeltez. No deja de ser sorpresiva la afirmación, más aún sin ser referenciado ningún estudio o bibliografía al respecto.

A pesar de esto, en caso que fuere necesario el cálculo o la comprobación del pandeo, el autor nos indica que, para obtener el peso que puede cargarse con seguridad una columna, se puede aplicar la siguiente fórmula (atribuida a Claudel). Esta relación, no viene acompañada de un rango de validez, ni se aclara en ella si se trata de una columna aislada o bien formando un pórtico. En este último caso se hubiere de indicar qué tipo de uniones configuran la estructura.

$$P = \frac{1250 \cdot S}{1{,}45 + 0{,}00337 \left(\frac{l}{d}\right)^2}$$

El último aspecto tratado es el de la estática gráfica, definida por el autor francés como:

«Aquella que investiga, por medios puramente geométricos, las condiciones que determinan el equilibrio de un sistema de fuerzas.»

Mostrando su sencillez y rapidez, Barberot nos presenta un gran número de ejemplos de tipologías distintas y su resolución gráfica, destacando las armaduras, las vigas trianguladas y los arcos. A pesar de todo ello, el autor refiere que no vamos a desarrollar aquí la teoría del polígono de fuerzas ni los fundamentos del cálculo gráfico. Sin duda, la estática gráfica supuso un hito en la resolución estructural de sistemas isostáticos porque permite por la simple medición a escala sobre el dibujo, obtener los esfuerzos de tensión o de compresión que se desarrollan en las diversas partes de un sistema triangulado. La abundante bibliografía al respecto así lo indica. A pesar de ello, estudios que he realizado (Pons 2014), me han hecho ver que este método era más aceptado en las escuelas de arquitectos que en la de ingenieros donde se prefería la formulación analítica.

La parte conclusiva del Traité

Veíamos en la parte inicial que uno de los objetivos del autor francés era que notre livre permet au constructeur professionnel de trouver tous les renseignements pouvant lui être utiles pour l'étude d'un plan ou pour l'exécution des travaux. Así pues, llegados a esta última parte, el autor da una serie de Tablas y Datos diversos que, sin duda, ayudaran a tal efecto. Inicialmente se nos presenta un conjunto de tablas numéricas (habituales en los libros de época) útiles ya que el técnico es de suponer que no disponía de los instrumentos (electrónicos) que hoy tiene en su haber –en principio sólo de la útil regla de cálculo. Ahora bien, lo que sí realmente podemos considerar como útil son las siguientes tablas que bajo el título de constantes físicas diversas nos permiten obtener los valores que hoy encontraríamos en la parte normativa de las acciones obre la edificación. Así se nos refiere las presiones que ejerce el viento a distintas velocidades[11] así como el peso específico de diversas substancias entre otras. Nuevamente decir la importancia que pueden tener estos datos para el historiador porque nos indican de manera fehaciente los valores que el técnico tomaba como referencia para las construcciones. Por último, se nos muestran los pesos y dimensiones de elementos diversos que nos indicarían las principales acciones permanentes y sobrecargas de uso que, añadidas al caso anterior, nos definirían las cargas a considerar sobre la construcción estudiada (figura 9).

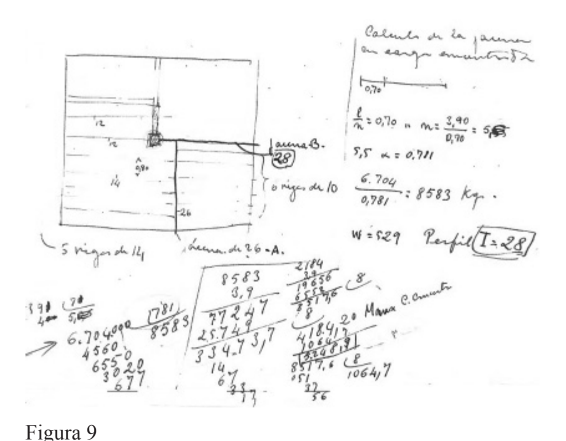


Figura 9
Detalle planta de edificio de viviendas. Cálculo de una jácena. Arxiu històric C.O.A.C.[12]

La versión española del libro concluye con la advertencia que, a pesar de lo dicho en todo el Tratado, el técnico siempre ha de tener presente las Ordenanzas Municipales así como las Normativas específicas ministeriales.

> Dimensiones, datos e instrucciones diversas sobre la manera de ejecutar los edificios, se encontrarán en las ordenanzas municipales de cada localidad y en los reglamentos de los respectivos ministerios de Obras Públicas. Pueden consultarse –por ejemplo– las 'Ordenanzas municipales' de Madrid y las de Barcelona […]

Conclusiones

El objetivo manifestado por el autor que suscribe esta comunicación era el de presentar un libro que fue un referente en el ámbito constructivo, tanto docente como profesional, a principios del siglo XX en el estado español.

El Tratado Práctico de Edificación, traducción española de la edición francesa del *Traité de Constructions Civiles* fue escrita por el arquitecto E. Barberot a principios del siglo XX. Presentando el libro, recordando su importancia a la vez que homenajeando a su autor, se quiere mostrar también un material que pudiere ser una obra de estudio histórico pues puede proporcionar metodologías, procedimientos y breves cálculos sobre *el cómo* y *el porqué* de determinadas construcciones del pasado siglo XX.

Notas

1. Según la versión española. La versión francesa consta de 1100 páginas y los mismos capítulos.
2. http://gallica.bnf.fr
3. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65625843?rk=42918;4
4. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6562416x?rk=42918;4
5. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6562417b?rk=21459;2
6. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62134698?rk=21459;2
7. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6562475s?rk=85837;2
8. Tratado Práctico de Edificación por E. Barberot. Traducido de la 5ª ed. Francesa por Lino Álvarez Valdés, Ingeniero de Caminos.
9. http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=37
10. http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/4235
11. Aportaciones de A. Bendixen (1914) y W. M. Wilson y G. A. Maney (1915).
12. Pese que en la edición en castellano del tratado no sale referenciado, en la francesa nos explicita: D'après l'Encyclopédie Firmin-Didot, par Léon Renier.
13. Archivo histórico del C.O.A.C. Colegio Arquitectos de Cataluña.

Lista de referencias

Barberot, E. 1888. *Traité pratique de serrurerie: constructions en fer, serrurerie d'art*. París: Baudry.

Barberot, E. 1891. *Histoire des styles d'architecture dans tous les pays, depuis les temps anciens jusqu'à nos jours*. *Tome 1–2*. París: Baudry.

Barberot, E. 1906. *Traité de constructions civiles*. Paris: Librairie polytechnique Ch. Béranger.

Barberot, E. 1909. *Traité pratique de la législation du bâtiment et des usines*. Paris: Librairie polytechnique Ch. Béranger.

Barberot, E. 1911. *Traité pratique de menuiserie*. París: C. Béranger.

Barberot, E. 1927. *Tratado Práctico de Edificación*. Traducido de la 5a ed. francesa, 2a ed. Barcelona: Gustavo Gili Editor.

Cardellach, Félix, 1970. *Filosofía de las estructuras*. Barcelona: Técnicos asociados. Original de 1910.

González Moreno-Navarro, José Luis. 1993. *El Legado oculto de Vitruvio: saber constructivo y teoría arquitectónica.* Madrid: Alianza, DL

González Moreno-Navarro, José Luis. 1996. Los tratados históricos como documentos para la historia de la construcción. En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid 19–21 de septiembre de 1996.

Matallana, M. 1848. *Vocabulario de Arquitectura Civil*. Madrid: Imprenta de Don Francisco Rodríguez.

Pons Poblet, Josep Maria. 2014. «De Gaudí a Miralles: cent anys d'estructura metàl·lica a Barcelona». Tesis doctoral. http://hdl.handle.net/10803/279396.

Faros metálicos del siglo XIX en República Dominicana

Esteban Prieto Vicioso

El hierro fundido se comenzó a utilizar en la construcción de faros entre finales de 1830 y principios de 1840, aunque el auge del uso de hierro fundido en la arquitectura americana abarca el periodo de 1850 a 1880. Esto coincidió con la creación por parte de la Junta de Faros de los Estados Unidos de América de las *Instructions and Directions for Light-house and Light-Vessel Keepers of the United State*, en enero de 1852, iniciando con ello una nueva era en la fabricación de faros en América.

Las ventajas del hierro fundido eran que era ligero comparado con la piedra y el ladrillo, era barato, era fuerte, era impermeable y tenía una tarifa lenta del deterioro. Un número de torres de hierro fundido estaban forradas con ladrillo porque los ingenieros de la época no podían calcular adecuadamente la carga de tensión y agregaron el ladrillo como un factor de seguridad. Las torres de hierro fundido se adaptaron especialmente a lugares donde se necesitaba una estructura de pila relativamente ligera. Se aceptó gradualmente que los faros construidos en hierro fundido, aunque más baratos de construir que los de mampostería, no eran tan estructuralmente sólidos para sitios expuestos, sino más aceptables para cabeceras seguras y lugares de puerto. (Browning 2016)

En la segunda mitad del siglo XIX había un gran movimiento económico producto de la industrialización y un enorme intercambio de mercancía entre Europa, Estados Unidos de América y el Gran Caribe, que incluye el archipiélago de las Antillas y las costas caribeñas de México, Centroamérica y el norte de Sudamérica.

En 1851, un comité especial de profesionales, nombrado por el Congreso de los Estados Unidos de América llevó a cabo una investigación sobre el sistema de faros y concluyó que era muy inadecuado. En 1852 el Congreso creó la *Lighthouse Board* con nueve miembros y con ella comenzó una nueva era en la construcción de faros americanos. Durante las próximas décadas la construcción de faros estadounidenses pasó por su período más dinámico. A medida que se examina cada avance en la construcción de faros, se verá que la tecnología específica ya existía, pero aún no se había aplicado a la construcción de faros.

La República Dominicana, que había conseguido su independencia de Haití en 1844, tenía para ese momento 8 puertos con conexiones internacionales, siendo los más importantes el de Puerto Plata, en la costa norte de la isla, bañada por el Océano Atlántico, y el de la ciudad de Santo Domingo, capital del país, en el Mar Caribe, al sur de la isla (figura 1).

El Faro de Santo Domingo

A finales de 1852 el presidente dominicano Buenaventura Báez emitió un Decreto disponiendo la erección de un faro para el puerto de Santo Domingo, el cual se le encargó a James Bogardus, un inventor y arquitecto norteamericano que tan solo un año antes

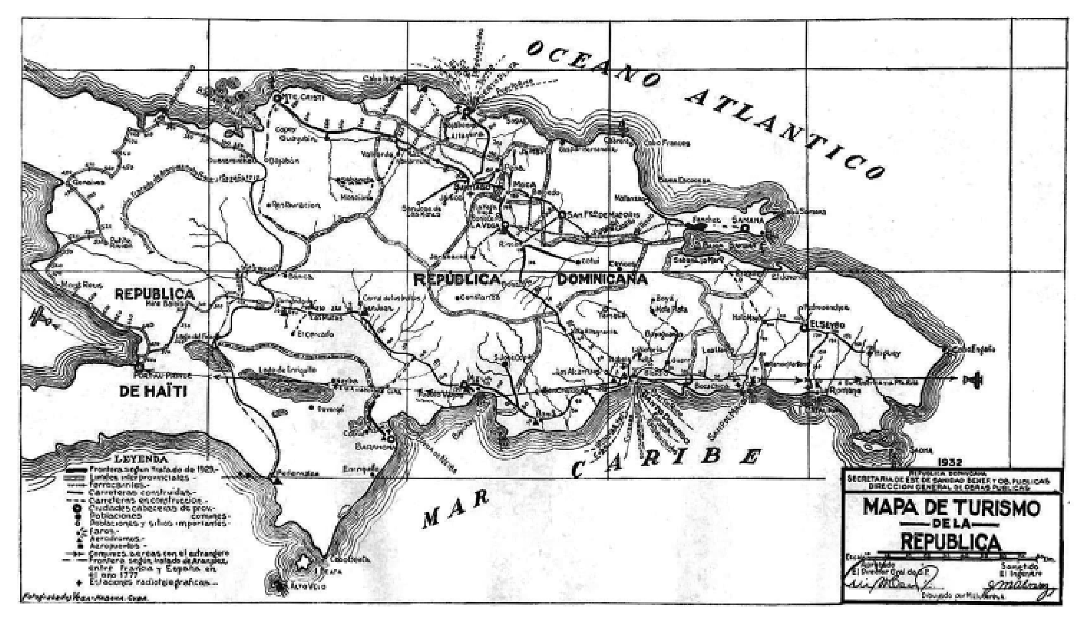


Figura 1
Mapa de la República Dominicana de 1932 donde pueden verse los puertos de Santo Domingo y Puerto Plata y las rutas que cubrían las embarcaciones. Fuente: Archivo General de la Nación.

había construido en la ciudad de Nueva York una torre completamente metálica sin muros de mampostería (figura 2), para colocar en lo alto una campana para alarma de fuegos, estructura completamente innovadora en ese momento.

En 1853 Bogardus construyó otra torre vigía con campana para alarma de fuego en Nueva York, en la esquina de las calles MacDougal y Spring, y el faro de Santo Domingo, utilizando para ambas obras el mismo diseño de estructura de hierro fundido [*cast-iron*], pero en el caso de Santo Domingo colocando una linterna en la parte superior. En 1856 se construye en el barrio de Harlem, Nueva York, una torre vigía basada en un diseño original de James Bogardus (figura 3), la cual se conserva todavía luego de haber sido restaurada recientemente.

Cuatro años más tarde, en 1860, se construye en la ciudad de Augusta, Estado de Georgia, USA, otra torre vigía metálica diseño de Bogardus, la cual es similar a la de Nueva York de 1851 y a la de Santo Domingo de 1853 (figura 4). Esta torre fue desmantelada en 1890.

James Bogardus nació en el pueblo de Catskill, Nueva York, y es considerado como el pionero de la arquitectura de hierro fundido en los Estados Unidos, para lo cual obtuvo una patente en 1850, lo que acostumbraba señalar en placas que colocaba sobre sus estructuras metálicas que decían: «*James Bogardus Originator & Patentee of Iron Buildings. Pat› May 7, 1850.*» El éxito de las fachadas con hierro fundido entre 1850 y 1880 en los Estados Unidos, se debe a la adopción de construcciones con estructuras metálicas en todo el edificio.

El faro de Santo Domingo (figura 5) fue construido por la firma Bogardus & Hoppin, de Nueva York, en 1953 y para su ubicación se escogió el antiguo Fuerte de San José construido durante el último tercio del siglo XVII, el cual formaba parte del sistema defensivo de la ciudad de Santo Domingo y que se encuentra en un estratégico promontorio muy próximo a la desembocadura del rio Ozama, donde se encuentra el puerto de dicha ciudad (Santiago 1992).

La linterna del faro, con galería perimetral y cúpula metálica, está sobre una estructura completamente metálica compuesta por cuatro secciones verticales de ocho columnas verticales unidas por vigas metálicas (figura 6). En el núcleo central de la torre se en-

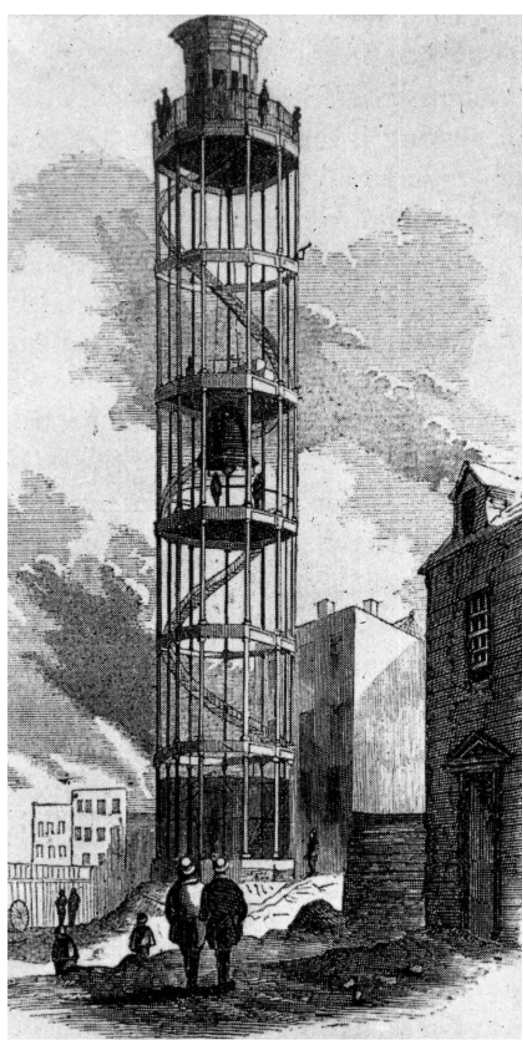


Figura 2
Dibujo de la torre vigía con campana de alarma de incendios [*Fire alarm bell tower*] de James Bogardus construida en la calle 33 con 9ª Avenida, Nueva York, en 1851. Fuente: http://quod.lib.umich.edu/u/ummu2ic/x-ls004920/ls004920



Figura 3
Torre para campana de alarma de incendios de Harlem, construida en 1856, basada en un diseño original de James Bogardus. Fuente: *The Museum of the City of New York.*

cuentra una escalera de caracol expuesta que da acceso a la linterna.

Para cubrir los cuantiosos gastos incurridos en la adquisición, colocación y sostenimiento del faro, se estableció que tan pronto como el faro estuviera alumbrando en el puerto de Santo Domingo, todo buque nacional o extranjero procedente del exterior pagaría un derecho calculado a seis y cuarto centavos por cada tonelada de su porte conforme a su registro, estando los buques de Guerra y Paquetes exentos del derecho de faro así como de cualquiera otro.

El faro de Santo Domingo fue construido en Nueva York y ensamblado en Santo Domingo bajo la dirección de técnicos norteamericanos y la supervisión de Andrés Aybar por cuenta del gobierno dominica-



Figura 4
Torre vigía con diseño de Bogardus construida en 1860 en Augusta, Georgia, USA. Fuente: https://www.pinterest.com/pin/323133341986685422/

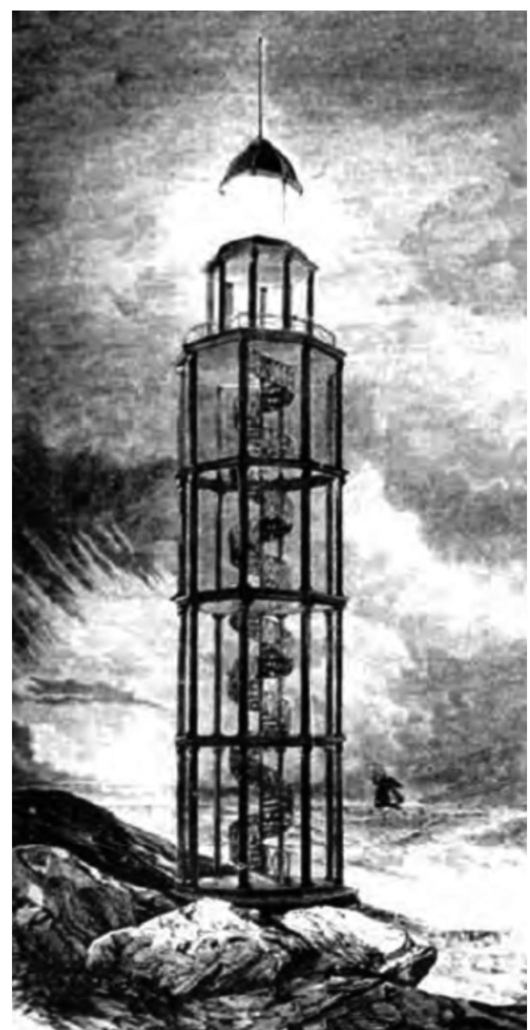


Figura 5
Dibujo del faro de Santo Domingo. Fuente: *Illustrated News*, New York, 1853, 133.

no. Comenzó a emitir su señal luminosa el 14 de agosto de 1853, mediante un luz blanca fija emanada de nueve reflectores de primera clase, suministrados por Alcot and Brothers, de Rochester, estado de Nueva York (Herrera 2008 [1949], 108). Su luz podía verse a la distancia de 18 a 20 millas y su alcance se extendía en casi medio círculo del Sur hacia el Este y Oeste.

En 1879 se cambió la luz fija por un sistema giratorio o de eclipses, de la fábrica de Barbier & Fentreste de Paris. Su luz roja y blanca estaba a 110 pies sobre el nivel del mar, con un alcance geográfico de 18 a 20 millas (Rodríguez [1915] 1976, 270).

Toda la estructura del faro (figura 7), incluyendo la cúpula de la linterna, era metálica estando sus columnas pintadas de blanco, las cornisas de rojo y azul (*Naval Journal* 1854, 149) y la cúpula de encarnado. Tenía una altura de 73’ 3.5” [22.35 metros] sobre el nivel del fuerte y 113 pies [34.45 metros] sobre el nivel del mar, con un diámetro de 17 pies [5.18 metros]. Su ubicación era: Latitud 18^0 28’ 5” Norte, y Longitud 69^0 52’ 30”, Oeste de Greenwich o 72^0 12’ 52”, Oeste de Paris (Herrera 2008, 107–116).

Para soportar esta estructura metálica se construyó una base de piedra utilizando piezas de antiguas ruinas del periodo de la colonia española. En un artículo publicado en el periódico El Progreso, fechado 15 de mayo de 1853, escrito por Nicolás Ureña de Mendoza bajo el seudónimo de Cástulo, se puede leer: «Los trozos de columnas, de basamentos, de cornizas y otra afinidad de molduras regadas aquí y allí, me trajeron a la memoria el sistema de los Haytianos: destruir para edificar: y en efecto, aquellas piedras sinceladas que tenía a la vista, y donde el arte expresó

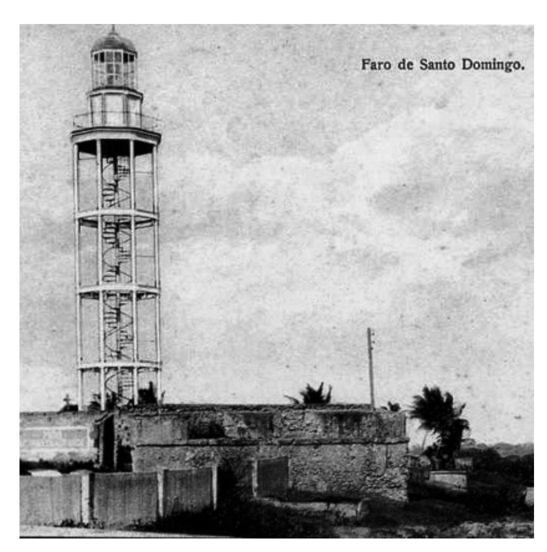


Figura 6
Faro de Santo Domingo sobre el bastión de San José. Fuente: Archivo General de la Nación.

formas divinas, eran los despojos de nuestros templos arruinados por la doble fuerza del tiempo y de los hombres…» (Herrera [1949] 2008, 112).

El puerto de Santo Domingo, habilitado para el comercio extranjero, era el primero en importancia política por ser el de la capital de la República, pero el segundo comercialmente considerado, ya que en ese momento lo era el puerto de la ciudad de Puerto Plata, en el norte de la isla.

El faro de Santo Domingo, al que los capitaleños llamaban la Farola, fue desmontado hacia 1960 a poco de cumplir su centenario «por un personero de la tiranía de Trujillo, que decidió aprovechar en beneficio propio el magnífico material del hierro de que estaba construido» (Ugarte 2011, 302).

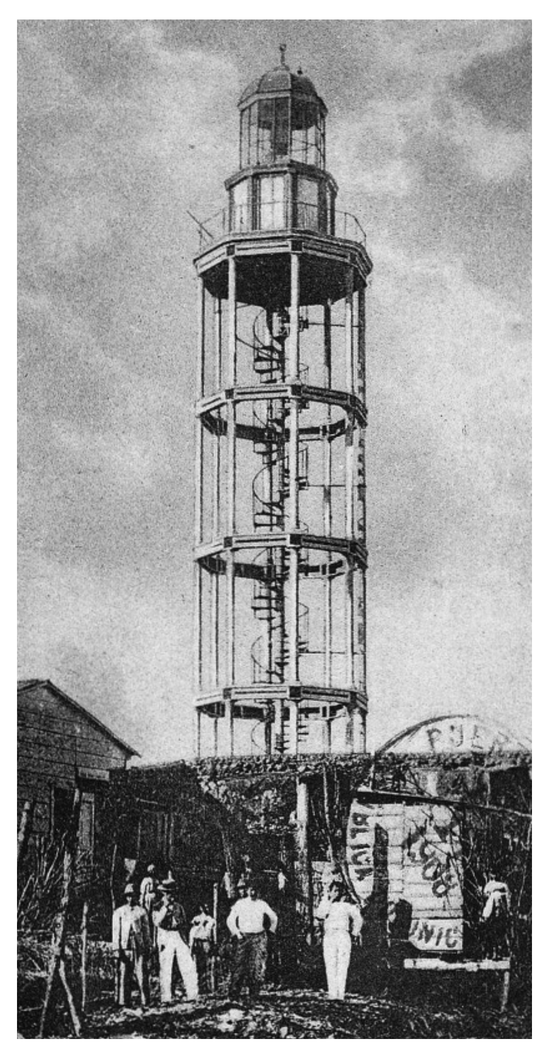


Figura 7
Vista del faro de Santo Domingo en una postal de 1908. Fuente: Archivo General de la Nación.

El Faro de Puerto Plata

El lugar para la fundación de la ciudad de Puerto Plata, al norte de la isla Española, fue escogido por el almirante Cristóbal Colón en su primer viaje al Nuevo Mundo, por su buena ubicación, por la presencia de agua dulce y su magnífico y buen protegido puerto (Figura 8). La ciudad fue oficialmente fundada por Nicolás de Ovando en 1502, aunque se considera a Cristóbal Colón como su fundador intelectual (Gamble y Puig 1978, 123).

El puerto de la ciudad de Puerto Plata fue de gran importancia desde el mismo siglo XVI, ya que al mismo «concurrían las naos de España en gran número y todas encontraban su cargamento de azúcar» (Ibídem, 124). A mediados del siglo XIX, luego de la creación de la República Dominicana los únicos puertos de exportación e importación de mercancías

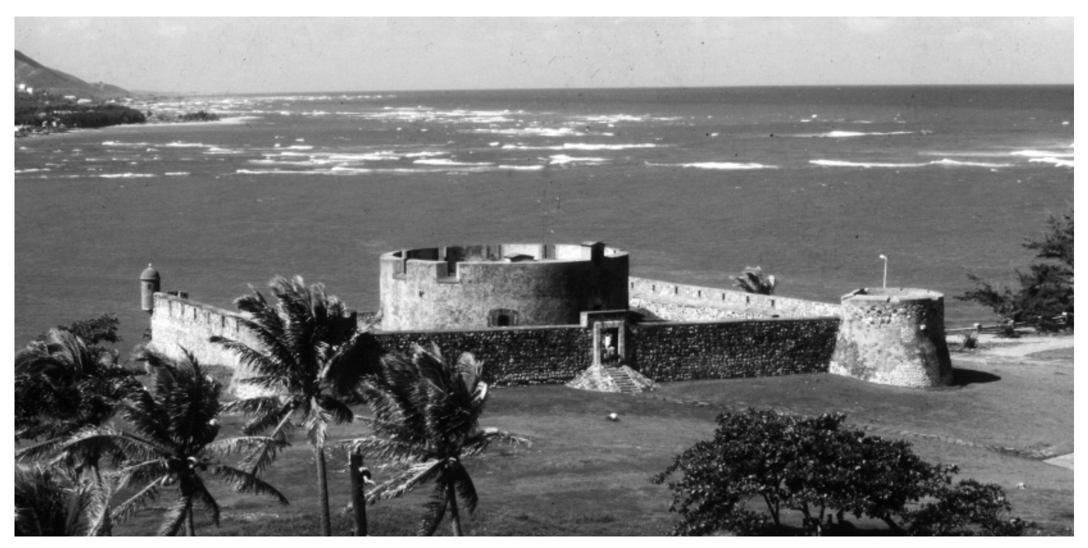


Figura 8
Vista de la entrada a la bahía y puerto de la ciudad de Puerto Plata y del fuerte de San Felipe, desde la galería del faro. Fuente: E. Prieto Vicioso.

eran Santo Domingo, Azua, Samaná, y Puerto Plata (*Nautical Magazine*, 1854), siendo este último durante muchos años el de más tráfico de todo el país (Rodríguez [1915] 1976, 252).

Con el propósito de señalar debidamente la ubicación del puerto de Puerto Plata y dar mayor seguridad a las embarcaciones que navegaban hacia el mismo se construyó en 1879 un faro en La Puntilla (figura 9), promontorio a la entrada de la bahía, próximo al fuerte de San Felipe, construido en la segunda mitad del siglo XVI.

Este faro, segundo construido en metal en la República Dominicana, fue contratado por el gobierno de Gregorio Luperón [7 de octubre de 1879 a 1 de septiembre de 1880] a la firma Robert Hill & Son (Acevedo 2013). En ese mismo año el gobierno anterior, presidido por Cesáreo Guillermo, había otorgado una concesión de la obra del faro al ciudadano norteamericano Allem H. Crosby, quien al parecer pensaba construirlo con la empresa Deeley & Co. (Robert Deeley & John Turl), una de las firmas más importantes del momento en cuanto a la fabricación de maquinarias, piezas y accesorios de hierro fundido, establecida en Nueva York. Esta concesión y otra para construir un faro en la isla Saona fueron derogadas y el Sr. Crosby recibió una indemnización de $21,400.00 (Sang 1991).

La linterna del faro (figura 10), con galería perimetral y cúpula metálica, está sobre una torre completamente metálica compuesta por cinco secciones verticales de ocho columnas convergentes de fustes estriados y bases y capiteles dóricos. Los plintos donde se apoyan las columnas están unidos con unas vigas metálicas caladas, que van disminuyendo su luz según van subiendo de sección (figura 11). En el núcleo central de la torre se encuentra una escalera de caracol expuesta que da acceso a la linterna.

El faro de Puerto Plata tiene una altura de 80 pies [24.38 metros] y de 137 pies [41.75 metros] sobre el nivel del mar, está situado en la Latitud 19^{0} 48’ 52” N y Longitud 70^{0} 41’ 26” O, en el lugar denominado La Puntilla. Su luz era visible a 16 millas náuticas, de acuerdo a datos de 1915. (Rodríguez [1915] 1976, 252). Su señal luminosa de luz blanca duraba 2 segundos encendida y cuatro apagada.

Este faro es diferente a la mayoría de los faros construidos en el área, debido a su original e innovador uso de kerosene para la iluminación. En 1917 se instaló una nueva lámpara para la cual se destinaron US$9.00 mensuales para el suministro de materiales gastables. Hasta la década de los 60 este faro guio a los barcos que navegaban por el océano Atlántico, hacia Puerto Plata.



Figura 9
Faro de Puerto Plata construido en 1879. Fuente: E. Prieto Vicioso.



Figura 10
Detalle de la linterna del faro de Puerto Plata con su galería perimetral. Fuente: E. Prieto Vicioso.



Figura 11
Detalle de un tramo de la torre del faro de Puerto Plata. Fuente: E. Prieto Vicioso.

Debido a su importancia y a su estado ruinoso, el faro de Puerto Plata fue incluido en el año 2000 en la lista del *World Monuments Fund* de 100 monumentos en peligro y asignando una suma de US$65,000.00 para su restauración, la cual fue posible gracias a los aportes de American Express y del gobierno dominicano. Fue reinaugurado el 13 de septiembre de 2002 y en 2017 se le hicieron importantes trabajos de conservación.

Lista de referencias

Acevedo, Carlos. 2013. *Puerto Plata. Capital de la República (1879–1880)*. Santo Domingo.

Browning, Robert. 2016. *Lighthouse Evolution & Typology.* United State Coast Guard, Department of Homeland Security.

Gamble, Robert S. y Puig Ortiz, José Augusto. 1978. *Puerto Plata: La conservación de una ciudad. Inventario y Ensayo histórico-arquitectónico*. Santo Domingo.

Herrera, César A. 2008.*Cuadros históricos dominicanos*. Archivo General de la Nación, 107–116. Santo Domingo

Lipps-Kant, Barbara. 2012. *Iron as a building material in the architecture of houses in the second part of the nineteenth century – Inquires about the development in the USA*. ICOMOS publications.

Nautical Magazine. 1854. USA.

Noboa Warden, Margarita. 2000. *Puerta Plata: La Reina del Océano Atlántico*. Santo Domingo.

Rodríguez, Armando. [1915] 1976. *Geografía de la isla de Santo Domingo y reseñas de las demás Antillas*, Sociedad de Geografía. XI: 270. 2ª ed. España.

Sang, Mu-kien. 1991. Buenaventura Báez, el caudillo del Sur: 1844–1878, 344.

Santiago, Pedro Julio. 1992. *Santo Domingo Colonial*. 61–62. Santo Domingo.

Ugarte, María. 2011. *Fortificaciones coloniales de Santo Domingo. Contribución a su estudio*. Editora Nacional, 302. Santo Domingo.

La iluminación natural del espacio eclesial hispano en la Alta Edad Media

José Puente

Con objeto de conocer hasta qué punto la jerarquización espacial de las iglesias altomedievales se tradujo a la iluminación natural[1] o condicionó la intensidad de esta, a lo largo de esta comunicación analizaré las ventanas como canalizadoras de la luz en las capillas mayores. Los aspectos objeto de análisis serán la composición mural, el diseño de los vanos y la intensidad lumínica. A tal fin, calcularé el grado de apertura mural, expresado mediante un valor que denominaré índice de luz, procedente de la relación porcentual entre dos áreas: la del hueco abierto en el muro y la del poliedro que resulta iluminado (tabla 3 y gráfico 1). El índice aporta un valor único y en igualdad de condiciones para todos los edificios, independientemente de la conservación de tracerías, emplomados, marcos, celosías, etc.

El presente estudio también pretende ahondar en la fuerza expresiva de la iluminación natural sobre el altar.[2] Y puesto que el sol se ofrece como el instrumento más efectivo, conocer hasta qué punto pudo utilizarse con fines efectistas es también uno de los objetivos. A tal propósito responde la observación de la posición del sol durante las jornadas solares más significativas: equinoccios y solsticios (tabla 2).

El limitado espacio de esta publicación condiciona la exposición sintética sobre las cuestiones planteadas. La selección de iglesias responde a tres circunstancias: su representatividad con relación a la arquitectura de la época, la singularidad en su instrumentación de luces y el estado de conservación de las fábricas y los vanos. Su orden de presentación viene marcado por su cronología. Aquellas cuya datación es cuestionada se ubican juntas, colocadas según la latitud geográfica, de Sur a Norte.[3] Cada capilla mayor se ha analizado conforme al mismo esquema. En primer lugar, las características de la conducción de la luz de sus vanos: abocinamiento, resbalón, y dirección de ambos. En segundo lugar, las posibles implicaciones de la irrupción del sol sobre el espacio: efectos determinantes[4] e interpretación de los mismos. Y por último, un comentario analítico de los índices de luz en relación al resto de espacios estructurales. Para la mejor contextualización de la descripción de las ventanas se ofrece la tabla 1 con las características de las luces. Al final del artículo se hace una valoración entre edificios en torno a los índices obtenidos.

Santa María de Tarrasa

Los abocinamientos y resbalones de la capilla mayor resultan excepcionales para la época,[5] aunque Melque, Quintanilla de las Viñas o San Juan de Baños, también presentan abocinamientos. En Tarrasa, el ángulo de las jambas de la abertura central se vincula a las dimensiones del altar.[6] Las aperturas murales norte y sur tienen jambas asimétricas y diferente angulación. Aunque estos dos últimos focos de luz se sitúan enfrentados por detrás del altar, sus jambas están simétricamente dirigidas hacia este, con cuidado de no llegar a manchar las pilastras de la embocadura, es

Iglesia	Figura de luz	Altura de luz	Procedencia	Abocinamiento oriental / sur / norte	Resbalón oriental / sur
Santa Maria de Tarrasa	arco medio punto	2,44	contra/calle	14° / 13° / 16°	32°
Santa Lucia del Trampal	arco herradura	1,8	contra	0°	0°
Santa Maria de Melque	arco herradura	2,5	contra	31°	grada
San Pedro de la Nave	arco medio punto	1,68	contra/calle	0° / 0° / 7°	0°
Santa Comba de Bande	arco medio punto	1,5	contra	0°	grada
Quintanilla de las Viñas	tronera, arco medio punto	1,7	contra/calle	34° / 34°	grada/ 22°
San Juan de Baños	arco herradura	2,15	contra	33°	19°
San Julián de los Prados	adintelada	2,5	contra	16°	grada
Santa Cristina de Lena	trifora	1	contra	0°	0°
S. Salvador de Valdediós	trifora	1,5	contra	0°	grada
San Miguel de Escalada	adintelada	2,1	contra	24°	16°
Santiago de Peñalba	adintelada	1,15	contra	22°	0°
San Miguel de Celanova	tronera, arco herradura	1	contra	30°	0°

Tabla 1.
Características de luces en las capillas mayores

decir, podemos afirmar que las tres luces fueron concebidas para ser dirigidas a la mesa ceremonial y no para alumbrar la pintura mural. Las jambas traseras de las ventanas laterales están ligeramente desplazadas hacia el fondo del tablero, las delanteras se ajustan al frente y así lo hacen también las jambas procedentes de la ventana axial. Por su parte, todos los resbalones deslizan sus ángulos hacia el altar.

La orientación de la iglesia está relacionada con el anterior asentamiento de la catedral de Égara, edificada entre la segunda mitad del siglo V y primera del VI (Garcia, Moro, Tuset 2009, 106). En cualquiera de los casos, no se aprecia a simple vista un efecto reseñable en el equinoccio, dado que el sol, en esta jornada, no asoma en el horizonte alineado con eje de la iglesia; por otro lado, desconocemos si existía algún vano en el cierre del hastial occidental del primitivo templo. En cambio, durante el solsticio de verano el sol ilumina el altar con un determinante haz de luz entrando de contra, con elevación oblicua[7] (ver tabla 2). Mención aparte merece el posible efecto de luz a través de la ventana cruciforme del hastial occidental, pero queda fuera de la horquilla cronológica que nos ocupa (la nueva iglesia románica fue consagrada en 1112).

El cómputo comparado de índices[8] entre la capilla mayor, el transepto y la nave no se ajusta al proyecto original dada la posterior construcción de los dos últimos cuerpos. No obstante, el cálculo de estos[9] ofrece unos valores francamente bajos (ver tabla 3 y gráfico 1), algo que puede ser interpretado como una forma diferente de tratar o entender la iluminación natural. Por otro lado, esta situación tan desproporcionada de luz frontal pudo ser la causa de agrandar la ventana del hastial occidental de la nave románica en época moderna. En todo caso, la capilla recibe mayor intensidad de luz que cualquier otro espacio.

Santa Lucía del Trampal

Las jambas de las ventanas de la capilla presentan cajas que debieron servir de anclaje al sistema de cierre. Según Caballero, los vanos se cerraban con celosías, aunque en la excavación no reconocieron ningún resto (Caballero y Sáez 1999, 126).

La nave mayor tan solo recibe luz indirecta por las pequeñas troneras de las naves laterales, dejando ciego el hastial occidental, ¿pudieron sus constructores plantearse algún tipo de entrada de luz a poniente? De momento no tenemos respuesta a tal pregunta. La capilla mayor, cimborrio central, corredor y nave mayor, se rigen por el mismo ancho (2,20 m aprox.) y la estructura manifiesta una marcada jerarquización estructural de los pies a la cabecera, acentuada por el inusual pasillo que separa las capillas de las naves, que a la vez se ofrece como vínculo entra ambas.[10] Ante esta perspectiva visual, la ventana oriental proporciona un efectivo-afectivo punto de fuga por encima de las cabezas de la congregación. Por otro lado, hay indicios en la embocadura de haber tenido anclado un trabe a la altura de los capiteles de los arcos to-

Iglesia	Orientación	Equinoccio primavera hora/ángulo/elev.	Solsticio de verano hora/ángulo/elev.	Solsticio de invierno hora/ángulo/elev.	Efecto capilla mayor
Santa María de Tarrasa	84°		09:15/84,27°/30,15°		contra oblicuo
Santa Lucía del Trampal	90°		18:16/269,66°/39,46°		frontal oblicuo
Santa María de Melque	67°		07:50/67,3°/9,46°		contra rasante
San Pedro de la Nave	97°	09:15/97,33°/8,11°			contra oblicuo
San Pedro de la Nave	97°		11:02/96,91°/44,15°		contra oblicuo
Santa Comba de Bande	90°	08:40/90,13°/0,05°			contra rasante
Quintanilla de las Viñas	101°	09:25/100,85°/11,7°			contra rasante
San Juan de Baños	90°	08:26/90,15°/0,07°			contra rasante
San Juan de Baños	90°	20:24/269,89°/0,32°			frontal rasante
San Juan de Baños	90°		18:20/269,27°/37,34°		frontal oblicuo
San Julián de los Prados	74°		08:40/74,82°/18,44°		contra oblicuo
Santa Cristina de Lena	40°			10:30/128,78°/4,85°	calle rasante
Santa Cristina de Lena	40°			16:55/216,06°/14,66°	frontal rasante
San Miguel de Escalada	96°		19:00/274,84°/30,58°		frontal oblicuo
San Miguel de Celanova	90°	08:40/90,16°/0,09°			contra rasante

Tabla 2.
Efectos de luz sobre las capillas mayores

rales, que podría asociarse a una posible viga de imaginería o a un cierre de cortinas o velo, permitiendo, en este último caso, un posible efecto de transparencia. Con todo, es indudable el diferente tratamiento de la luz entre la cabecera y las naves, de mayor complejidad en la primera.

La orientación del templo es rígidamente equinoccial. Esta característica unida a las dilatadas dimensiones de los vanos orientados a levante en las tres capillas permite que los rayos de sol penetren invasivamente sobre ellas todas las mañanas durante todo el año.[11] El «estrangulamiento» del edificio por el corredor que disocia cabecera y aula, junto a la obturación de vanos en esta, impiden que a partir del mediodía el sol irrumpa con fuerza en la cabecera. Por otro lado, si las recientemente reconstruidas troneras occidentales de los cimborrios, en vez de presentar 0,70 m de altura alcanzaran el metro –o que el alfeizar estuviera a menor altura, al menos en el cimborrio central–, el sol asomaría por ellas iluminando con sus rayos frontalmente oblicuos la parte posterior del altar en torno a las 18:16 h en el solsticio de verano (ver tabla 2).

El cómputo de índices[12] ofrece los siguientes valores: capilla mayor 2,25 y transepto1,17.[13] El corredor carece de luces, y el aula parece haberse iluminado desde las naves laterales (ver tabla 3 y gráfico 1). Los resultados indican que la auténtica concentración de luz está en la cabecera, con una instrumentación de luces referenciales de contra y laterales, junto a

Iglesia	Capilla mayor	Transepto	Nave mayor	Nave sur	Nave norte
Santa Maria de Tarrasa	0,98	0,07	0,16	-	-
Santa Lucia del Trampal	2,25	1,17	0	0,21	0,21
Santa Maria de Melque	0,26	0,69	0,3	-	-
San Pedro de la Nave	0,98	0,7	0,41	0,23	0,23
Santa Comba de Bande	0,85	1,81	0	-	-
Sta. M.ª, Quintanilla de las Viñas	0,17	0,08	-	-	-
San Juan de Baños	0,65	-	0,46	0	0
San Julián de los Prados	0,47	1,5	2,15	0	0
Santa Cristina de Lena	2,61	-	1,1	-	-
San Salvador de Valdediós	2,68	-	1,05	0	0
San Miguel de Escalada	0,31	-	0,49	0	0
Santiago de Peñalba	0,78	-	0,46	-	-
San Miguel de Celanova	0,92	-	0,9	-	-

Tabla 3.
Índices de luz por espacio estructural

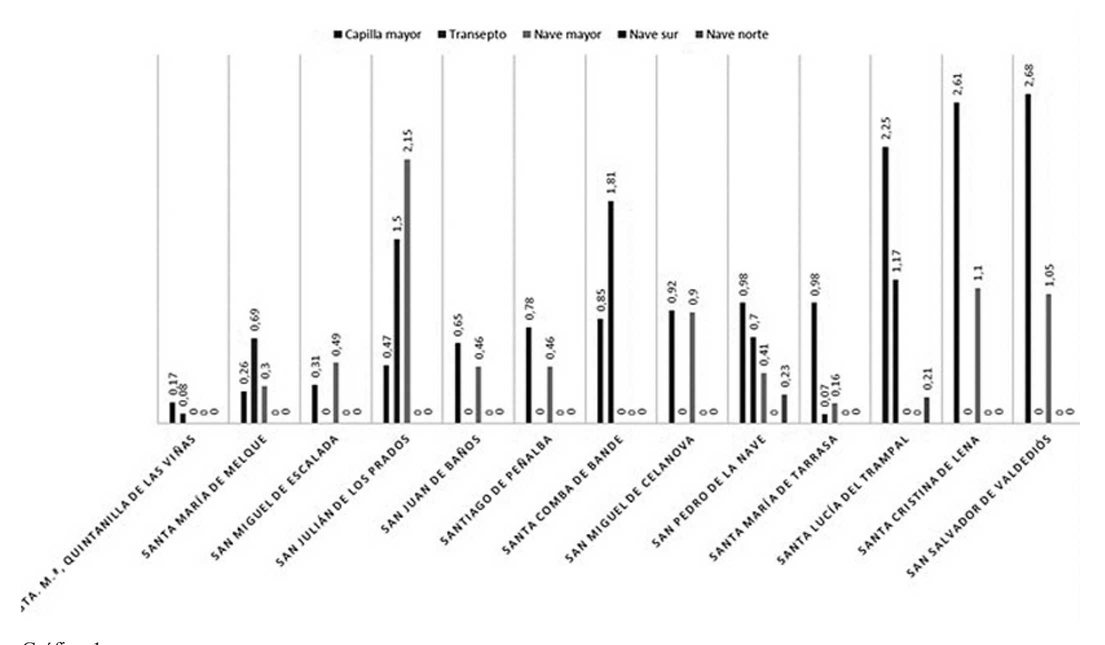


Gráfico 1.
Índices de luz por espacio estructural de iglesias altomedievales, ordenadas de menor a mayor “índice de luz” en la capilla mayor

reducidos puntos cenitales procedentes de cimborrios. Si a esta luz unimos un enlucido blanco y brillante[14], la única forma de poder mitigar los expansivos torrentes de luz sería a través de celosías de densa trama o de reducidas oquedades, como posiblemente fueran las originales, de este modo cobrarían mayor sentido las lámparas que debían arder en torno al altar.[15]

El resultado de la capilla mayor aporta un valor significativamente alto respecto a las iglesias edificadas entre los siglos VI–XIII en Hispania,[16] lo que me hace pensar en los prolijos vanos absidiales de la primera arquitectura cristiana que acabarían desembocando en la inverosímil Santa Sofía: ¿estarían emparentadas las ventanas de Santa Lucía del Trampal formalmente con los templos cristianos romanos y bizantinos de los siglos V al VI? Bien es cierto que desconocemos la densidad del entramado de la supuesta celosía de nuestra capilla, algo que podría afectar de manera definitiva a su índice de luz. Por otro lado, la diferente luminosidad entre el espacio destinado a la comunidad laica y el clero parece estar en sintonía con las Sagradas Escrituras: «El pueblo asentado en tinieblas, vio gran luz; y a todos los sentados en región y sombra de muerte, luz les esclareció» (Mt 4,16).

Santa María de Melque

El abocinamiento de la ventana oriental se abre hacia la boca de la capilla. Recientemente se ha colocado una celosía. A falta del cierre original y debido a la pérdida del enlucido y decoración, resulta difícil, por no decir imposible, hacerse una idea del grado de intensidad de luz de este y otros espacios. Puede que el vano contara con una celosía de motivo simbólico de menor o mayor grado de densidad de entramado, lo que permitiría el paso de los rayos del sol limpiamente; también pudo presentar algún tipo de cortina que hiciera de difusor u obturador, pero de momento estas cuestiones carecen de evidencia.

La orientación de la cabecera favorece que el sol, a través de la ventana oriental de la capilla mayor, se coloque alineado con eje longitudinal de la iglesia durante el solsticio de verano, resultando cegador desde el anteábside (ver tabla 2).

El cómputo de índices[17] incluye la antecapilla como espacio de celebración (ver tabla 3 y gráfico 1). Pero si ajustamos el cálculo al exclusivo ámbito de la capilla el porcentaje es 0,42. En este edificio se aprecia mayor apertura mural en el transepto –aunque la cifra no sea especialmente significativa–, concentrada básicamente en los hastiales norte y sur y en las paredes de poniente. La falta total de datos sobre su sistema de cierre, su sección y densidad de entramado, dificulta un mayor acercamiento sobre la intensidad de luz que recibían las distintas partes de la iglesia. También cabe pensar que los cuatro huecos del crucero no estuvieran cumpliendo una función de alumbrado, podrían haber sido concebidos para ventilar el espacio, quizá por la sobrecarga de lámparas ardiendo o para la evacuación del humo, incluso del producido por la combustión del incienso. Por lo demás, el registro arqueológico no permite mayor precesión en torno a la formulación del cierre de los vanos.

San Pedro de la Nave

Las ventanas norte y sur están en línea con la situación original del altar,[18] por lo que lo iluminan en calle por encima de su tablero. Originalmente los vanos carecían de abocinamiento, y debieron cerrarse con celosías encajadas en carrileras de 0,10 m de sección, ancladas a 0,05 m de la cara exterior del paramento, según lectura de planimetrías de Caballero (2004, 246). Las respectivas jambas orientales de las ventanas septentrional y meridional están retalladas.[19] Solo el vano septentrional ofrece un ligero resbalón, aparentemente original por el similar cincelado de la superficie de los sillares de las jambas.

A falta de conocer la densidad de las celosías o cierres originales, la composición de luces permite una considerable concentración de luz en la capilla en contraste con el cuerpo antecedente, que, en mi opinión, no debió contar con los seis lucernarios actuales, ya que, entre otras cosas, carecen totalmente de un tratamiento conductivo de luz. Por otro lado, Caballero (2004, 255) advierte que los cajeados para trabes practicados en la embocadura fueron hechos en época primitiva para colgadura de cortinas,[20] lo que permitiría un expresivo efecto de transparencia o resplandor a través de un velo visible desde la nave mayor.[21]

La iglesia actualmente está orientada 97º respecto al norte.[22] Este pequeño giro podría estar relacionado

con la aparición del primer rayo sol en línea al eje longitudinal del edificio en el equinoccio, obligado a virar hacia el sur para encararse a la salida del sol a causa de la escarpada ladera que ceñía el horizonte oriental (ver tabla 2). El mismo efecto de contra, pero descendiendo más picado, se produciría en el solsticio de verano (ver tabla 2).

Establezco el índice de la capilla mayor[23] incluyendo el espacio reservado a los presbíteros, aunque si nos ajustamos al ámbito exclusivo de la capilla el valor es 1,29, porcentaje que evidencia un claro contraste de luz con el cuerpo precedente, posiblemente ciego, como mucho iluminado indirectamente a través de los accesos a las sacristías y de sus ventanas tríforas de los costados.[24] En cualquier caso, todos los resultados están por debajo del que ofrece la capilla mayor (ver tabla 3 y gráfico 1), luego la mayor importancia de la luz está en este lugar.

Santa Comba de Bande

La ventana de la capilla mayor está parcialmente sellada en su parte inferior por una losa.[25] La celosía se ancla a 0,05 m de la línea del paramento exterior del muro, pero no es la original y puede que ni siquiera pertenezca al edificio primitivo (Caballero, Arce y Utrero 2004, 302).

La orientación del edificio permite que el primer rayo de sol del equinoccio asome por el vano de la capilla en línea con el eje longitudinal del templo, efecto imposible de ver actualmente por la anteposición de edificios en el horizonte oriental (ver tabla 2). La iglesia carece de aperturas al oeste, y aunque las tuviera, dada la accidentada orografía que ciñe el horizonte occidental, en la misma jornada equinoccial, pero al ocaso, el último rayo de sol no podría recorrer la nave en sentido inverso para iluminar el altar. Caso contrario se produciría si se hubiese practicado un hueco en la cúpula a poniente, algo que no se contempló al proyectarse el edificio,[26] durante el solsticio de verano el sol podría alcanzar el ámbito del altar frontalmente. En otro orden de cosas, aunque se desconoce la cronología, «sobre el arco del ábside hay tres parejas de huecos para sujetar trabes o vigas, quizá alguno para colgar cortinas» (Caballero, Arce y Utrero 2004, 302), lo que permitiría, en caso de contar con velo la embocadura, crear un efecto de transparencia con la luz.

El cómputo de índices[27] incluye la antecapilla como espacio de celebración (ver tabla 3 y figura 1). Si se ajustan las cotas de medida exclusivamente a la capilla mayor el resultado es 1,37. Por otro lado, el índice de luz de la antecapilla es 0,39. Por tanto, y a falta de conocer la densidad del entramado de los cierres originales, la nave transversal posee un valor (1,81) ligeramente mayor que el del espacio principal, como en Santa María de Melque y San Julián de los Prados.

Santa María de Quintanilla de las Viñas

La ventana oriental abre sus jambas hacia la embocadura manchando las columnas, y la meridional se ajusta a las esquinas del muro septentrional, algo que no impediría a ambos vanos ajustarse al tablero del altar.[28]

La forma de vanos alargados y estrechos permite individualizar y concentrar mejor la luz, favoreciendo que el sol penetre en forma de haces nítidos y resplandecientes en medio de una atmósfera luctuosa (así lo refleja el bajo índice de luz), especialmente intensos durante las mañanas situadas entre los equinoccios de primavera y otoño, dada la orientación de la cabecera de la iglesia hacia el sureste. En caso de que esta estuviera relacionada con el equinoccio de primavera, el sol atravesaría longitudinalmente y rasante la capilla entrando por el vano oriental (ver tabla 2); y en el supuesto de anteponer un velo en la boca se crearía un sugestivo efecto de sombra. Puede que los constructores giraran la iglesia a esta posición para librar la loma que cierra el horizonte este y permitir así que el primer rayo de sol apareciera por el oriente alineado al eje de la iglesia. La localización de la ventana sur con su altura y forzado adelgazamiento, aun con picos de fuerte refulgencia, garantiza para el resto del día una luz constante en todas las épocas del año. A juzgar por el diámetro del arco del vano (0,08 m) es probable que las ventanas siguieran el mismo ancho, y dada su delgadez no presentaran en origen ningún sistema de cierre.

Del proyecto original solo se conservan los muros de la capilla y parte de los orientales del transepto, suficientes para establecer los índices (ver tabla 3 y gráfico 1). Los resultados[29] evidencian que el hueco de la fábrica destinado a la luz en la capilla mayor también es mayor en esta iglesia, igual que en los tres edificios precedentes.

San Juan de Baños

Abocinamiento de ventana dirigido a la embocadura; resbalón posiblemente vinculado al altar dado su ángulo de caída.[30] La celosía es producto de la restauración realizada entre 1898–1902 por Aníbal Álvarez (Caballero y Feijoo 1998, 222), por lo que desconocemos por completo cómo era el cierre original. Según Caballero, los restos de cajeado a ambos lados de la boca, adosados al muro este de la nave mayor, pudieron ser hechos en época primitiva para colgar cortinas (Caballero y Feijoo 1998, 220).

La orientación de la iglesia favorece que en el equinoccio de primavera aparezca el sol por encima del altar al penetrar por la ventana oriental (ver tabla 2). En la misma jornada, pero al ocaso, se produce el efecto inverso, es decir el último rayo de sol penetraría por el acceso occidental de la iglesia iluminando el altar, algo que actualmente no es posible por las casas antepuestas al horizonte occidental (ver tabla 2). Por otro lado, durante el solsticio de verano, el sol se introduce por la ventana del hastial de poniente y se coloca sobre el eje longitudinal del templo, por delante del umbral de la embocadura, es decir, iluminando el centro del primitivo transepto por la tarde, en torno a la festividad de San Juan (ver tabla 2), titular del templo.

Al margen de la capilla mayor, el estado en el que ha llegado la fábrica de la iglesia solo permite que se ajuste al proyecto original el índice de la nave mayor[31] (ver tabla 3 y gráfico 1). A simple vista observamos que, en esta, las estrechas ventanas del claristorio están fuera del foco de nuestra atención, y con la suficiente altura como para hacer un reparto de luces homogéneas sobre la congregación, evitando de este modo sombras violentas. En todo caso, en este templo, también la intensidad de luz es más alta en la capilla mayor.

San Julián de los Prados

La cuidada importancia de la localización del vano responde también a su ligazón con el altar: la ventana ofrece hacia el interior un ligero abocinamiento que permite asociarlo al ancho de su tablero.[32] Las jambas presentan un rebaje escalonado hacia el exterior, el último y más pequeño para anclar la celosía y el primero actualmente tiene encajada una ventana, ¿podría este rebaje responder a un cierre vítreo?

La orientación del edificio permite que en el solsticio de verano los rayos de sol se sitúen sobre el eje longitudinal de la iglesia, creando un determinante haz luminoso de contra oblicuo por encima del altar mayor (ver tabla 2), la emisión de humo de incienso en torno a este crearía una sugestiva atmósfera, en la que la iconografía de la celosía quedaría proyectada. Por otro lado, el amplio vano abierto al mediodía en el transepto garantiza la entrada del sol desde que sale hasta que se pone entre mediados de octubre y mediados de febrero, es decir, pudiendo ser aprovechado también como fuente de calor, pero, sobre todo, contrastando su intensidad con la apagada luz de la capilla mayor y aportando suficiente claridad para iluminar el primer término de la misma, eso sí, dejando relativamente en penumbra el altar al situarse en el centro.

El cómputo de índices[33] manifiesta un valor significativamente bajo para la capilla mayor (ver tabla 3 y gráfico 1). Por su parte, el templo es especialmente singular por su transepto, desproporcionalmente desarrollado respecto al conjunto estructural del edificio —incluso superando en altura a la nave mayor— y ofreciendo un amplio vano abierto al mediodía y dos inusuales ventanas ––para estas fechas— por encima de las capillas en contra (orientadas a levante) propiciando una poderosa entrada de luces. Pero aún más altos son los valores en la nave mayor. No obstante, es preciso hacer un breve comentario al respecto; primero, que no se ha considerado el grado de obturación de las celosías pétreas –o incluso el uso de cortinas, que por otro lado quedarían empastadas a las pinturas murales, de entrepaños tapizados y vanos cortinados–; y segundo, al igual que el similar diseño de estos elementos es común en todas las aperturas del templo, a pesar de desconocer el desmesurado cierre del hastial sur,[34] el cómputo de porcentajes, teniendo en cuenta estos cierres, reflejaría una diferencia imperceptible.

Por tanto, los resultados de esta iglesia nos informan de la reducida entrada de luz en el presbiterio del templo. Pero, además, respecto a este espacio, el transepto aporta más del triple de luz y la nave mayor más del cuádruple, dejando una luminosidad ‘residual’ sobre el altar. Teniendo en cuenta la inmediatez de la corte ¿podrían guardar relación estos índices con el uso de este edificio como marco palatino?

Santa Cristina de Lena

La capilla ofrece una ventana adintelada trífora sin abocinamiento ni resbalón, pero este pequeño recinto no se entiende sin la plataforma situada ante él, abarcando el ancho de la nave de extremo a extremo, de 0,95 m de altura y limitada por un iconostasio de triple arcada, cuya función sería la de servir de bastidor para cubrir con un velo un determinado momento de la liturgia hispánica. Este segundo ámbito presenta unas inusuales ventanas de calle de un ancho dilatado.

El templo posee dos efectos de luz que pudieron ser premeditados, lo que me lleva a conjeturar sobre su posible uso, pues a simple vista no parece explicarse la composición de ventanas y las distintas alturas de suelo articulando el espacio en torno a un momento de marcado simbolismo como es el nacimiento de Cristo. Esta conjunción —luz y espacio— crea un cuidado "movimiento", en términos escenográficos, que parece estar pautado para deleite de quienes se encuentren en la tribuna o a pie de nave en la jornada del solsticio de invierno, ante una posible celebración hispano-visigoda de comienzo del año litúrgico, de significativa importancia en los primeros años del cristianismo hispano. En el primer concilio de Zaragoza (año 380) el canon 4 advertía: «En los veintiún días que hay entre el 17 de diciembre hasta la Epifanía que es el 6 de enero, no se ausente nadie de la iglesia durante todo el día, ni se oculte en su casa, ni se marche a su hacienda, ni se dirija a los montes ni ande descalzo, sino que asista a la iglesia. Y los admitidos que no hicieren así, sean anatemizados para siempre» (Vives 1963, 17). El primero de los efectos en cuestión, aunque hoy se brinde a nuestros ojos con una sutileza casi imperceptible, esconde un valioso testimonio sobre la emoción que podría haber sido sentida por aquella sociedad altomedieval a la hora de elevar oraciones y entonar antífonas, aunque eso sí, no nos ha llegado constancia alguna de tal evento.

El primer efecto tiene lugar al penetrar el primer rayo de sol en la iglesia en el solsticio de invierno (ver tabla 2), en calle rasante por la ventana del mediodía abierta entre el iconostasio y la boca de la capilla, a la altura de sus arcos peraltados —es decir, despegando la sombra del suelo y creando un haz de luz casi horizontal atravesando longitudinalmente la plataforma del presbiterio—, lo que permitiría iluminar un elemento litúrgico colocado a su paso con una potencia extrema y sin sombra alguna. Es más, y aunque solo sea conjetura, en el caso de interferir sobre esta luz una cruz de metal engarzada de pedrería facetada de distintos colores se generarían destellos,[35] salvando las distancias, similares a los de una clásica bola de espejos característica de las discotecas de los años 70 del siglo pasado.

Para crear premeditadamente este efecto solar, sus constructores habrían tenido en cuenta una serie de factores. Primero, la angulación y elevación del sol durante un día señalado y sobre el lugar determinado. Segundo, localización de la ventana ajustada a la orientación de la articulación de la iglesia (40º). Tercero, elevar el vano hasta alcanzar la altura propicia, y ajustar, si es preciso, el nivel de suelo a las necesidades de lo que se precise iluminar. Cuarto, una vez conseguido el potente cañón de luz —propagado en línea recta, de otra manera el supuesto uso del efecto arriba expuesto no puede realizarse—, el vano ha de posicionarse lo más próximo al iconostasio para permitir el mayor margen de tiempo posible, en este caso 40 minutos, momento en que el sol comienza a introducirse en la boca de la capilla a la altura del basamento de columnas. Finalmente, la modulación y dirección de la luz se completaría a través de cortinas o batientes –la presencia de estos últimos queda aseverada por las huellas de quicios en los marcos de ventana.

La misma jornada ofrece antes del ocaso (ver tabla 2) la entrada del sol por encima de la celosía central del iconostasio (de cinco arcos de herradura distribuidos en dos niveles, tres arriba y dos abajo, más cuatro rectángulos en el piso inferior, dos a cada lado), es decir, fuera de línea, lo que no impide que se proyecte su sombra sobre la embocadura de la capilla. Se me escapa si existe algún sentido de carácter simbólico. Pero también cabe pensar en un efecto que sirviera de aviso, es decir, estar asociado a señalar la proximidad de un evento, momento anterior o posterior al solsticio de invierno en el que el sol atravesaría en línea la celosía proyectándose limpiamente sobre la boca, justo por encima de la línea del arco.

El cómputo de índices[36] ofrece 2,61 para el espacio exclusivo de la capilla (ver tabla 3 y gráfico 1). Puede observarse que el resultado se desmarca del común de las iglesias, tan solo la inusual Santa Lucia del Trampal le va a la zaga. Aunque el total de la nave ofrece un resultado de 1,1, la elevada antecapilla tiene un valor de 1,48, condensado en el estrecho

espacio entre capilla e iconostasio y sin llegar a superar la altura de este. En resumen, en Santa Cristina la mayor concentración de luz está en la capilla mayor.

San Salvador de Valdediós

La disposición de luces y orientación de la iglesia, unido al angosto entorno orográfico, no permite que el sol ilumine la capilla mayor con determinación, motivo por el que quizá la ventana sea excepcionalmente dilatada, generando, por otra parte, un alumbrado en contra difuminado, fuertemente eficaz, y capaz de crear un efecto de transparencia ante un posible cierre velado en la boca. O, como considera Íñiguez (1961, 51): «es curiosa la ausencia de velos tendidos ante el arco de embocadura del ábside; todavía se conservan en Valdediós (Asturias, consagrada al año 893), las poleas para subirlo cuando convenía dejar visto el altar y bajarlo en los momentos litúrgicos, tiempos penitenciales y quizá fuera de las horas de culto para mejor empleo del templo en usos civiles: asambleas, juicios y aun posada de peregrinos, que sabemos tenían». La aportación de luz de la nave mayor procedente del poniente se ve condicionada por ser indirecta y el posible uso de cortinas, y así mismo, la desproporcionada altura del claristorio hace que no existan sombras en las naves y que la luz llegue homogénea a los fieles. Por tanto, el vano oriental se muestra como un referencial protagonista visual sobre el espacio.

El cómputo de índices[37] ofrece 2,68 en la capilla mayor y 1,05 en la nave (ver tabla 3 y gráfico 1). Ambos resultados son prácticamente paralelos a los obtenidos para estos mismos espacios en Santa Cristina de Lena (2,61 y 1,1 respectivamente) –tengamos en cuenta que los valores de índices de luz van de 0 a 100–. En cualquier caso, la intensidad lumínica también es mayor en la capilla.

San Miguel de Escalada

Todo el paramento de la capilla ha sido revocado recientemente, afectando en cierta medida al abocinamiento, en este caso asimétrico. A simple vista se observa que la jamba sur se dirige al frente del tablero de altar, pero la jamba norte se abre a la columna de boca.[38] El resbalón está vinculado al frente del tablero. En la parte exterior del muro hay practicada una caja para la posible instalación de una celosía de carácter simbólico, quizá similar a las de los hastiales del levante y poniente de la nave mayor[39]. Tras la embocadura, entre el encuentro de la rosca del arco y la imposta, y siguiendo el ancho de esta última, hay cajas rectangulares de cortes limpios, hoy selladas, que debieron servir de anclaje a un trabe; igualmente, los fustes de boca presentan pequeños orificios que pudieron ser utilizados para instalar varas de cortinas, en este caso situados a 1,75 m de altura, por lo que de haberse utilizado para colgar un velo o cortina, la ventana permanecería visible desde la nave por encima del mismo.

Dada la orientación del templo, el único paso del sol sobre la fábrica que veo reseñable se produce en la tarde del solsticio de verano (ver tabla 2), cuando el sol se coloca sobre el eje longitudinal del templo y penetra por la ventana del hastial occidental iluminando frontal el espacio reservado a los presbíteros, muy similar al efecto que hemos visto en San Juan de Baños. La anteposición de un elemento en ese momento sobredimensionaría su aspecto.

El cómputo de índices[40] determina que la nave mayor supere la intensidad de la capilla mayor (ver tabla 3 y gráfico 1). Y no solo eso, si compartimentamos las luces entre el espacio reservado a los presbíteros y el destinado a la comunidad laica, obtenemos un valor de 0,11 para el primero y 0,36 para el segundo, luego aquí la nave parece haber sido concebida proporcionalmente con mayor apertura mural. ¿Pudo proyectarse este espacio para algún otro cometido que precisara más luminosidad que el necesario para la liturgia? ¿Presentaban en origen las ventanas del claristorio celosías de densa trama? Tomando al pie de la letra el desaparecido epígrafe de consagración del templo, ¿pudo el abad Alfonso con sus compañeros llegados de Córdoba reproducir el aspecto de las antiguas basílicas cordobesas o el ambiente palatino andalusí? De lo que no cabe duda es de que el punto de fuga visual de la iglesia está en el vano de la capilla.

Santiago de Peñalba

Las jambas de la ventana oriental, aunque algo alteradas por el reciente revoco, se proyectan hacia la embocadura –tengamos en cuenta la planta de la ca-

pilla en forma de arco de herradura– y el arco perpiaño de la nave, punto en el que se encuentran con la proyección del abocinamiento de la ventana del contraábside. Actualmente el vano se cierra con placas de alabastro, pero es probable que en origen lo hiciera con una celosía similar a la fragmentada del contraábside. El altar es producto de una reconstrucción actual, en la que el moderno tablero no se ha ajustado al ángulo del abocinamiento.[41] En la parte posterior del arco de boca pueden apreciarse a ambos lados cajeados de cortes limpios –presumiblemente originales–, que posiblemente sirvieran para instalar una vara de cortinas, dada la reducida sección. La luz en toda la iglesia es marcadamente tenue, consecuencia de la limitada apertura mural unida a la elevada localización de las luces, afectando a la claridad de la capilla mayor y del contraábside.

Aunque la iglesia puede considerarse equinoccial, la escarpada ladera que cierra el horizonte oriental no permite que el primer rayo de sol esté alineado con el eje en los equinoccios, y por su parte, la ventana del contraábside carece de la altura suficiente para permitir la entrada de luz frontal en el solsticio de verano. En este caso, la accidentada orografía del valle fue determinante en la ubicación y orientación de la iglesia. Bien es cierto, que en torno al 25 de mayo, festividad de San Genadio, el sol matinal comienza a elevarse lo suficiente (en torno a los 20º) como para alinearse con el eje longitudinal (78º), algo que favorecería la entrada de un haz de luz de contra oblicuo sobre la mesa ceremonial de la capilla (08:50 h; ángulo 88,37º; elevación 18,81º), imposible de ver en nuestros días por la anteposición de casas a levante, pero que pudo contribuir a la orientación de la iglesia. El cómputo de índices[42] también evidencia la mayor apertura de luz en la capilla mayor (ver tabla 3 y gráfico 1).

San Miguel de Celanova

Las jambas de la ventana oriental se abren al centro de la capilla. Su orientación equinoccial predispone que penetre por este vano el primer rayo de sol del equinoccio de primavera (ver tabla 2). El efecto se repite en la tronera oriental de la nave, pero en este caso el sol continúa su camino atravesando la apertura del muro occidental. El cómputo de índices[43] evidencia la mayor apertura de luces también en la capilla mayor (ver tabla 3 y gráfico 1).

Por tanto, y en conclusión, el 100 % de los edificios analizados presentan una ventana a oriente y el 76,92 % dan mayor importancia a la apertura mural en las capillas mayores que en el resto de los espacios, algo que obligó a cuidar el sistema de cierre, el diseño, y consecuentemente condicionó los recursos económicos. Quintanilla de las Viñas es la que mayor grado de obturación presenta y en el extremo opuesto se posiciona San Salvador de Valdediós. Puede decirse, en términos generales, sin tener en cuenta la estación del año ni la hora del día, que los cuatro valores inferiores a 0,5 aportan una luz tenue, los seis resultados comprendidos entre 0,5–1 brindan una claridad de visión óptima, y los tres últimos porcentajes, entre 2,25–2,68, proporcionan una luz especialmente intensa. Las ventanas orientales de la capilla mayor, no están solo para alumbrarla, pues a ese cometido también se prestaban las lámparas ardiendo en ella–además de que la mayoría de ventanas fueron cegadas con la instalación de retablos a partir de la Baja Edad Media– y las naves ofrecían en todos los casos analizados iluminación frontal suficiente para el refuerzo lumínico.

Situadas en el lugar de mayor dignidad del santuario, ninguna de las capillas examinadas ubicó las luces por debajo del tablero del altar, bien al contrario, la luz lo corona ostensiblemente, e incluso en parte de ellas, dirigen sus resbalones y abocinamientos hacia él, y en caso de ofrecer vanos laterales, también estos se solapan a la dirección de las ventanas orientales. Llegados a este punto, y aunque exceda la época y objetivos propuestos de esta comunicación, desde que estoy examinando las iglesias edificadas entre los siglos VI–XIII vengo observando la asociación de los abocinamientos y resbalones cubriendo tramos estructurales o elementos concretos de las iglesias, hasta la irrupción del gótico, momento en el que surge una nueva forma de entender la luz. Cabe señalar que estamos ante una característica detectada en la gran mayoría de las iglesias alto y pleno medievales que estoy estudiando, cuyo fenómeno debemos relacionar con un intento por parte de los constructores medievales, no solo de modular la luz, sino de dirigirla, razón por la que hasta la Baja Edad Media existe una constante en la que el abocinamiento exterior de una ventana prefigura un ángulo más abierto y superficial —destinado a la mayor captación de luz posible— que el interior, más profundo y cerrado —destinado a dirigirla. En ese mismo sentido podemos entender las arquivoltas de

las ventanas como obturadores de luz, al igual que los rebajes. De ahí la importancia de su registro y su estudio. Cuestiones, todas ellas, que están siendo ya abordadas en el marco de mi tesis con toda la profundidad que me es posible.

Las ventanas orientales de las capillas mayores se ubicaron para ser vistas, a diferencia de las localizadas en lo alto de la nave, destinadas principalmente a alumbrar discretamente el espacio de la congregación laica de forma regular. Cuestión aparte merecen los huecos abiertos en los hastiales occidentales, capaces de alcanzar el espacio de celebración con un determinante e ineludible foco de luz frontal, como en San Juan de Baños, Santa Cristina de Lena y San Miguel de Escalada. Por tanto, existe una marcada diferenciación en los usos de la iluminación natural que responde a la composición y conducción de la luz de las aperturas murales.

Gran parte de las ventanas fueron cerradas con celosías, pero son muy pocas las que han llegado a nuestros días, y, de momento, no tenemos pruebas concluyentes de que fueran selladas con vidrio, pues tampoco se aprecia una doble carrilera en aquellas jambas que presentan cajeado, por lo que cabe la posibilidad de que muchas carecieran de sistema de cierre. Tampoco debemos desestimar el uso de cortinas para amortiguar el exceso de luz o crear efectos de transparencia o sombra. Los huecos practicados en la fábrica quizá sirvieron para iluminar elementos concretos en momentos concretos, con la consiguiente carga escenográfica y emocional, y pudiendo contar con la intervención determinante del sol. En definitiva, podemos decir que en las iglesias españolas edificadas entre los siglos VI–X, la luz oriental es un imperativo referente visual que no solo se utilizó para generar claridad, sirvió de marco a un programa iconográfico e incluso pudo advertir de la presencia de Dios —«Y hacerme han un santuario, y yo habitaré entre ellos» (Éx 25,8)—, ya que todos los templos parecen manifestar una luz acomodada, que orienta al templo y al orante, y no al contrario.

Notas

1. El presente artículo forma parte de uno de los capítulos de la tesis sobre la que actualmente trabajo: *La iluminación natural del espacio eclesial en los reinos hispánicos de la Alta a la Plena Edad Media*, dirigida por Javier Martínez de Aguirre. Aprovecho este espacio para manifestar mi más sincero agradecimiento a la Fundación Santa María la Real, sin su generosa ayuda este proyecto no sería posible.

   «Los edificios eclesiásticos hispanos, tanto tardoantiguos como altomedievales, ofrecen un denominador común: la fuerte jerarquización de sus espacios. El santuario se encuentra siempre separado y destacado en el ábside, que culmina y preside todo el edificio. En su interior se encontraba el altar, a diferencia de lo que sucede en otras regiones del Mediterráneo (norte de África, las basílicas romanas), donde el altar estaba en un recinto segregado del aula. Con la diferenciación del santuario se establece una clara separación entre el celebrante en el santuario, el clero celebrante en los coros y el pueblo asistente, laico, en el aula» (Caballero y Sastre 2013, 261–62).
2. La denominación de altar en las fuentes literarias no se limitaba al objeto en sí mismo, también designaba al «espacio donde el altar estaba situado» (Puertas 1975, 84), principal foco de atención ceremonial.
3. No es objeto de mi trabajo establecer una cronología en el presente artículo.
4. De aquí en adelante utilizo el término *determinante* para referirme a la entrada del sol en línea a los ejes de la iglesia por su mayor potencia expresiva (contra, frontal o calle), independientemente de su elevación.
5. Teniendo en cuenta los análisis químicos y estratigráficos de la pintura mural de la bóveda del ábside, la obra de fábrica pertenece a la segunda mitad del siglo VI (Garcia, Moro y Tuset 2009, 180).
6. Está ubicado avanzado hacia boca y adelantado a la línea de ventanas laterales, supuestamente en su emplazamiento original, puesto que el edificio ha sufrido una azarosa vida a lo largo de su existencia. Sin poder profundizar aquí, tan solo señalar sobre el altar que: tras la última campaña arqueológica (finalizada en 2004) fue reinstalado en la capilla; que el estudio de Garcia, Moro y Tuset (2009) no especifica la ubicación original del mismo; y que según Palol (1958, 86), «es un elemento arqueológicamente aprovechado». En cualquier caso, no veo inconveniente en que su actual disposición se ajuste al primitivo planteamiento.
7. De aquí en adelante, todos los datos sobre la posición del sol están extraídos de la página de internet *Sun Earth Tools* (https://www.sunearthtools.com/es/index.php), consultados sobre un mismo año, 2017.
8. Realizadas a partir de la lectura de las planimetrías originales que posee el archivo de la Fundación de Santa María la Real en Aguilar de Campoo.
9. En el caso de la nave he computado la ventana del hastial de poniente a pesar de no ser la proyectada originalmente, al considerar que pudo albergar otra, posiblemente, de un tipo diferente y aparentemente más pequeña, óculo quizá.

10. En torno a la distribución de la comunidad de la iglesia, el canon 13 del primer concilio de Braga (año 561) advierte: «que no se permita a los seglares entrar dentro del santuario del altar para recibir la comunión, ni a los hombres ni a las mujeres, sino solamente a los clérigos, conforme está establecido en los antiguos cánones» (Vives, 1963,73–74). El canon 39 del mismo concilio señala que: «Algunos diáconos llegan a tal soberbia que se anteponen a los presbíteros e intentan colocarse delante en el primer coro, dejando para los presbíteros el segundo coro: por lo tanto, para que reconozcan que los presbíteros son superiores a ellos, tanto los unos como los otros, pertenezcan a uno y a otro coro» (Vives, 1963, 206). Es decir, si tenemos en cuenta los cánones conciliares, la compartimentación del espacio eclesial debía ser rigurosamente respetada por todos.
11. Las oraciones de la mañana en el primer cristianismo eran de especial importancia. Baste recordar la epístola de Plinio el Joven dirigida a Trajano como gobernador provincial en Bitinia a comienzos de la segunda década del siglo II, en la que daba cuenta de la persecución y condena a los cristianos, e informaba de cómo estos «afirmaban que toda su culpa o error había sido que habían tenido la costumbre de reunirse en un día determinado antes del amanecer y de entonar entre sí alternativamente un himno en honor de Cristo, como si fuese un dios, y ligarse mediante un juramento, no para tramar ningún crimen, sino para no cometer robos, ni hurtos, ni adulterios, ni faltar a la palabra dada, ni negarse a devolver un depósito, cuando se les reclamara» (González 2005, 309). Del testimonio no se desprende la frecuencia de su reunión –diaria, semanal, estacional o anual–, tan solo que se produce en un lugar –incierto– y que era costumbre comenzar la reunión antes del amanecer. Por otro lado, la oración de la mañana queda asociada en el cristianismo a la intención de disponer el ánimo a superar el sufrimiento: «Anunciar por la mañana tu misericordia, y tu verdad por las noches» (Salmos, 92, 2), motivo por el que se orientan oraciones y templos a la luz de las auroras, como avala la disposición eclesial de los templos en cuestión. E incluso: «Si algún presbítero, o diácono, o cualquier otro clérigo asignado a una iglesia, y que se encontrare dentro de la ciudad o en cualquier otro lugar donde hubiera iglesia, no acudiere a la iglesia por la mañana y por la tarde para el oficio cotidiano de los salmos, será depuesto del clero si después de castigado no quisiera alcanzar el perdón mediante una satisfacción a un obispo»: Canon 63, II concilio de Braga (año 572) (Vives 1963, 101).
12. Cotas de medida extraídas de Caballero y Sáez (1999).
13. Los valores de los transeptos siempre incluyen todas sus ventanas directas, por lo que las cúpulas quedan integradas en él y computan superficies estructurales y vanos conjuntamente con la nave transversal.
14. Según el estudio de Caballero y Sáez (1999, 89), el enlucido original en la iglesia debió ser «liso y brillante», acabado que produciría una notable reflexión de luz.
15. No olvidemos la importancia simbólica e incidencia lumínica de la luz emanada de lámparas, y cómo debía ser cuidada, en extremo, por el clero. El primer concilio de Braga (año 561) estipulaba en el canon 7 como uno de los principales bienes de la iglesia la iluminación: «También se tuvo por bien que de los bienes eclesiásticos se hicieran tres partes iguales, esto es: una para el obispo, otra para los clérigos, y la tercera para la restauración e iluminación de la iglesia. Acerca de la cual el arcipreste o arcediano que la administre rendirá cuentas al obispo» (Vives 1963, 72). Así mismo, el canon cinco del segundo concilio de Braga (año 572) advierte de la «temeridad, si se consagra una iglesia como si fuera una casa privada, sin tener para su iluminación» (Vives, 1963, 83). Y también, el canon 1 del Concilio de Toledo (año 597) determinaba para el culto nocturno: «elíjase por el obispo un ostiario que cuide del aseo en el interior del templo y que encienda las lámparas de las santas reliquias al llegar cada noche» (Vives 1963, 156–57).
16. Utilizo el término Hispania como entidad geográfica, no política.
17. Cotas de medida extraídas de Caballero y Latorre (1980).
18. Actualmente se encuentra ubicado a 1,12 m de boca, justo en el centro de la capilla. Es una reconstrucción del original realizada por Ferrant a partir del hallazgo de sus restos producidos durante el traslado de la iglesia a El Campillo en el verano de 1930. Para mayor detalle véase la última publicación completa sobre el tema: (Caballero y Arce 2004, 173–79).
19. Los estudios de Schlunk (1947, 289–99; 1970, 245–70), Cruz y Cerrillo (1988, 187–203), Morín y Barroso (1993, 70–75), Corzo (1986) o Caballero (2004) apenas prestan atención a tal particularidad al centrar sus trabajos especialmente en la escultura de los vanos, excepto el último autor, que ofrece por respuesta «hacer más grande el paso de la luz» (Caballero 2004, 255). Estoy de acuerdo, pero además considero que el cincelado de estas jambas se produjo al instalar el retablo en época moderna con la intención de dirigir la luz para iluminarlo, del mismo modo que se hizo a la altura del riñón de la bóveda de la capilla mayor de Santa María de Lebeña una apertura de la que aún quedan huellas –hoy cegada–, dirigida desde el mediodía a la imagen central del retablo del siglo XVII.
20. Tanto en la parte anterior como posterior de la embocadura se aprecian los cajeados. En torno al uso de paños que cuelgan de los canceles del presbiterio, en el ámbito bizantino durante el siglo IV se produjo un agrio debate en cuanto a su utilización en la liturgia

que perdurará en los siglos posteriores. En España desaparece su uso en el siglo XI (Íñiguez 1978, 71–72).

21. «Y aquel velo os hará separación entre el lugar santo y el santísimo» (Éx 26, 33). «Y tenía en su diestra siete estrellas: y de su boca salían una espada aguda de dos filos. Y su rostro era como el sol cuando resplandece en su fuerza» (Ap 1,16) ¿Hasta qué punto pudo ser interpretada la presencia de Dios a través del resplandor procedente de la luz natural en la capilla mayor?
22. Según Gómez-Moreno (1927, 61): «Su orientación es perfecta, con el testero hacia Levante». Y efectivamente está orientada hacia el Este, pero el autor no hace más precisión. La tesis de Corzo (1986) no ahonda en esta cuestión. Por su parte, el estudio arqueológico coordinado por Caballero (2004) signa las planimetrías con una orientación rígidamente dirigida a levante, en cambio la publicación incluye imágenes de los planos elaborados en 1931 que acompañaron al expediente de expropiación para la construcción del embalse de Ricobayo con una orientación de 126º (Caballero 2004, 42 y 45). Así mismo, en el plano topográfico del Instituto Geográfico y Estadístico del municipio de San Pedro de la Nave fechado el 28 de febrero de 1911, se aprecia la correspondencia de los accidentes topográficos con estos últimos, en los que se reflejan las márgenes del río, los caminos y el solar que ocupaba la iglesia con su cementerio, aunque tampoco pormenoriza la planimetría del caserío. Por tanto, y a pesar de que pueda existir alguna variación, acepto la actual ubicación del edificio que presumiblemente refleja la orientación original y hago las pertinentes observaciones sobre la posición solar, pero en su primitiva localización.
23. Cotas de medida extraídas de Caballero (2004).
24. Los índices de luz para este último espacio, el transepto y la nave mayor, del proyecto original son conjeturales, al desconocer si son originales los lucernarios del coro, la cubierta del crucero y paramentos norte, sur y oeste del claristorio de la nave mayor. No obstante, aunque el valor sea hipotético, con el fin de ir un poco más allá en su conocimiento, hago el cálculo partiendo de las entradas de luz actuales. Dejando aparte el resultado de las naves laterales –que presumiblemente responde al proyecto original–, los otros tres valores podrían estar representando valores máximos de iluminación, pues es posible que estos tres ámbitos no presentaran ninguna apertura mural directa.
25. Colocada entre los siglos XVI–XVIII (Caballero, Arce y Utrero 2004, 304–05).
26. Según el estudio de Caballero, Arce y Utrero (2004, 283) el aparejo de este sector pertenece a la fábrica original.
27. Cotas de medida extraídas de Caballero, Arce y Utrero (2004, 273–318).
28. A día de hoy no se ha restablecido el altar original, que debió estar situado en el centro –posiblemente similar al tipo de Santa Lucía del Trampal y San Pedro de la Nave: ara central, pilastrillas y tablero– pero aún faltan datos concluyentes (Sastre 2009, 285–86).
29. Cotas de medida extraídas de Arbeiter (1990).
30. La actual ubicación en el centro de la capilla es fruto de la restauración de Aníbal Álvarez en la campaña realizada entre 1898–1902 (Caballero y Feijoo 1998, 222). Por otro lado, durante las campañas de excavación de Palol en 1982, no se encontró ningún resto del altar visigodo (Palol, Tuset y Cortés 1983, 246–47).
31. Cotas de medida extraídas de Caballero y Feijoo (1998, 181–242).
32. El altar fue reconstruido con las piezas originales en la campaña de restauración realizada por Fortunato de Selgas y Vicente Lampérez entre 1912–1915 (Arias 2008, 82).
33. Cotas de medida extraídas de Arias (2008).
34. De todas las celosías de la iglesia solo ha llegado una original a nuestros días (Schlunk 1947, 338).
35. En torno a la cruz existían varios ceremoniales, especialmente los relacionados con la Pascua (Puertas 1975, 105–06). Pero al margen del tiempo pascual se celebraba la partida del rey a la guerra: «se depositaba una cruz en el altar, que el diácono entregaba al obispo y este al rey» (Puertas 1975, 83), y tampoco podemos descartar una fiesta local. En cualquier caso, insisto en que estamos ante una suposición.
36. Cotas de medida extraídas de Arias (2008).
37. Cotas de medida extraídas de Arias (2008).
38. El actual acabado del paramento de la capilla impide saber si esta fue ensanchada o, por el contrario, la jamba sur fue cerrada.
39. Según la tesis de Martínez Tejera (2005, 197), las dos celosías de los hastiales son originales, y señala que no debe descartarse un cierre de vidrio a imagen de la celosía de Santa Cristina de Lena del Museo Arqueológico de Oviedo.
40. Realizado a partir de la toma de cotas de medida *in situ* y de las planimetrías del archivo de la Fundación Santa María la Real.
41. El altar está ligeramente desplazado hacia el fondo, a 1,85 m del encuentro con la nave.
42. Facilitadas en parte por José Ignacio Murillo Fragero –aprovecho este espacio para darle las gracias–, y por otra en el archivo de la Fundación Santa María la Real.
43. Cotas de medida extraídas de Gómez-Moreno (1919, 239–250).

Lista de referencias

Arbeiter, A. 1990. Die westgotenzeitliche Kirche von Quintanilla de las Viñas: komentar zur architektonischen Gestalt. *Madrider Mitteilungen*, 31.

Arias Páramo, L. 2008. *Geometría y Proporción en la arquitectura prerrománica asturiana*. Madrid: CSIC.

Caballero, L. y Latorre, J. I. 1980. *La iglesia y el monasterio visigodo de Santa María de Melque (Toledo). Arqueología y Arquitectura. San Pedro de la Mata (Toledo) y Santa Comba de Bande (Orense),* Madrid: Ministerio de Cultura.

Caballero Zoreda, L. y Feijoo Martínez, S. 1998. La iglesia altomedieval de San Juan Bautista en Baños de Cerrato (Palencia). *Archivo Español de Arqueología*, 71.

Caballero Zoreda, L. y Sáez Lara, F. 1999. La iglesia Mozárabe de Santa Lucía del Trampal Alcuéscar (Cáceres) Arqueología y Arquitectura. *Memorias de Arqueología Extremeña* 2, Mérida: Junta de Extremadura.

Caballero Zoreda, L. coord. 2004. *La iglesia de San Pedro de la Nave (Zamora)*. Zamora: Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo.

Caballero Zoreda, L. y Arce, F. 2004. Arqueología de la Arquitectura de la iglesia de La Nave. *La iglesia de San Pedro de la Nave (Zamora)*. Zamora: Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, 115–97.

Caballero, L.; Arce, F. y Utrero, M.ª de los A. 2004. La iglesia de San Torcuato de Santa Comba de Bande (Orense). Arquitectura y documentación escrita. *Arqueología de la Arqui*tectura, 77.

Caballero Zoreda, L. y Sastre de Diego, I. 2013. Espacios de la liturgia hispana de los siglos V–X. Según la Arqueología. *El canto mozárabe y su entorno. Estudios sobre la música de la liturgia viejo hispánica,* Madrid: SEDEM, 259–91.

Corzo Sánchez, R. 1986. *San Pedro de la Nave*. Zamora: Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo.

Cruz Villalón, M. y Cerrillo Martín de Cáceres E. 1988. La iconografía arquitectónica desde la Antigüedad a la época visigoda: ábsides, nichos, veneras y arcos. *Anas*, I, 187–203.

Gómez-Moreno, M. 1919. *Iglesias Mozárabes*. Madrid: Centro de Estudios Históricos.

Gómez-Moreno, M. 1927. *Provincia de Zamora* (*Catálogo Monumental de España*). Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.

González Fernández, J. 2005. *Cartas. Plinio el Joven.* Madrid: Gredos.

Íñiguez Almech, F. 1961. La Liturgia en las miniaturas Mozárabes. *Archivos Leoneses,* XV, 49–76.

Íñiguez Herrero, J. A. 1978. *El altar cristiano. De los orígenes a Carlomagno (S.II–año 800)*. Pamplona: Universidad de Navarra.

Martínez Tejera, A. M. 2005. *El Templo del Monasterium de San Miguel de Escalada: "arquitectura de fusión" en el reino de León (siglos X–XI)*. Madrid: AEDATME.

Morín, J. y Barroso, R. 1993. *El árbol de la Vida. Un estudio de iconografía visigoda: San Pedro de la Nave y Quintanilla de las Viñas*. Madrid: Ediciones B.M.M. & P.

Palol, P. 1958. Las mesas de altar paleocristianas en la Tarraconense. *Ampúries*, 19, 81–102.

Palol, P. de, F. Tuset, y Cortés, J. 1983. Excavaciones en la iglesia visigoda de San Juan de Baños. Palencia, 1982. *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses*, 49, 246–47.

Puertas Tricas, R. 1975. *Iglesias hispánicas (siglos IV al VIII). Testimonios literarios*. Madrid: Dirección General del Patronato Nacional de Museos. Ministerio de Educación y Ciencia.

Sastre de Diego, I. 2009. *El altar en la arquitectura cristiana hispánica, siglos V–X. estudio Arqueológico* (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Schlunk, H. 1947. Arte visigodo. Arte Asturiano. *Ars Hispaniae*, vol. II. Madrid: Plus-Ultra.

Schlunk, H. 1970. Estudios iconográficos en la iglesia de San Pedro de la Nave. *Archivo Español de Arte*, 43, 245–68.

Vives, J. 1963. *Concilios visigóticos e hispano-romanos*. Madrid: CSIC.

Las torres costeras españolas en Cerdeña. Caracteres tipológicos y constructivos

Maria Giovanna Putzu
Fabrizio Oddi

La intervención tiene por objetivo evidenciar los caracteres relacionados con las técnicas constructivas y las especificidades tecnológicas y tipológicas de las torres costeras en Cerdeña, privilegiando dentro del largo intervalo temporal durante el que fueron realizadas, que se extiende *grosso modo* del siglo XIII al XVIII[1], el periodo inmediatamente posterior al final de la fase de los juzgados[2]. Además, con el fin de identificar elementos de continuidad, de reelaboración o de ruptura con la tradición sarda, se ha considerado oportuno dedicar atención a las técnicas y las tipologías constructivas del periodo anterior al que constituye el objeto específico del estudio.

Premisas históricas

Las primeras incursiones piráticas documentadas en Cerdeña se remontan a la fase de la dominación bizantina[3]. Durante la edad de los juzgados sardos (siglos X–XV) se construyeron numerosos castillos, que en ocasiones permitían controlar amplios tramos de la costa, y se realizaron (en parte también en la fase aragonesa) los sistemas de defensa de las ciudades más importantes, tanto marítimas como del interior. Durante el periodo de la dominación española estos fueron potenciados con la realización de bastiones, con las fortificaciones de algunas ciudades marítimas (en particular Cagliari, Alguer y Castelsardo) y con todo el sistema de defensa costero[4].

Después del edicto de 1502 que decretaba la expulsión definitiva de los moros de España, la piratería recibió un fuerte impulso en el Mediterráneo y durante toda la primera mitad del siglo XVI acarreó terror, destrucción y muerte entre las poblaciones que habitaban las ciudades costeras. Después de perder el control del comercio en el Mediterráneo central, España creo un frente de defensa en Italia meridional, en Cerdeña y Malta, puestos avanzados necesarios para proteger la península ibérica frente a la avanzada turca.

En Cerdeña durante la primera mitad del siglo XVI se realizaron algunas torres en puntos neurálgicos para los intercambios comerciales, por ejemplo, empezando por la costa septentrional: Porto Ferro (Sácer) y Porto Torres, y continuando en la costa occidental: Alguer, Bosa y Oristán, y en la costa oriental: Olbia y Tortolì[5]. Pero fue el rey Felipe II de España quien, después de la derrota en La Goleta y en Túnez en 1570, dio un fuerte impulso al proyecto de dotar las costas de la isla con una densa red de torres, así como en los reinos de Granada y Valencia, en el Reino de Nápoles y en Sicilia[6].

En 1572 el capitán Marco Antonio Camos redactó la primera *Relación de todas las costas maritimas del Reyno de Cerdeña*, un detallado plan de defensa de las costas que preveía un total de 73 torres; no obstante, el proyecto no llegó a llevarse a cabo[7]. En 1583 se propuso la creación de un organismo encargado de la planificación, la construcción y el mantenimiento de las nuevas torres, la «Real administra-

ción de las torres» (instituida oficialmente en 1587), y el virrey Miguel de Moncada, después de un nuevo reconocimiento, elaboró un nuevo plan estratégico (1578–1583) que preveía 82 torres, proyecto que se realizó casi por completo[8].

Al pasar Cerdeña bajo el dominio de los Saboya en 1720, se encomendó al ingeniero Antonio Felice de Vincenti un nuevo reconocimiento y un nuevo proyecto para la reorganización del sistema defensivo y, en efecto, durante el siglo XVIII siguieron edificándose torres nuevas.

Las torres costeras perdieron su función en los primeros años del siglo XIX cuando, a raíz de los dictados del Congreso de Viena (1815), se logró poner fin a la piratería.

La pérdida del rol estratégico y de defensa de las torres comportó una suspensión de las financiaciones previstas para su mantenimiento y, en consecuencia, la supresión por parte del gobierno de los Saboya de la Real administración (1842). Aunque su uso militar fue abolido en 1867, algunas torres costeras siguieron utilizándose hasta la Segunda Guerra Mundial y no dejaron de emplearse hasta el año 1989.

Ubicación de las torres: la elección de los emplazamientos

«Observando la distribución topográfica de los emplazamientos fenicio-púnicos, de los emplazamientos romanos y, por último, medievales, resulta evidente que el territorio privilegiado para la fundación de asentamientos *ex novo* o para la expansión de los ya existentes, en el intervalo temporal que va del siglo VIII a. C. a la Baja Edad Media, fue la vertiente occidental (y en particular el cuadrante inferior de la vertiente occidental) y meridional de la isla»[9]. Se entienden por tanto las razones de la mayor concentración de torres a lo largo de las costas meridionales y occidentales de la isla, mientras que amplios tramos de la costa oriental se muestran poco protegidos por el sistema defensivo, tanto por la ausencia de importantes centros urbanos ribereños y en el interior como por la naturaleza misma de la costa, más abrupta y de difícil acceso para los invasores y, por último, probablemente, a causa de la cercanía de la península italiana que, de por sí, podía representar un factor de disuasión. Como es habitual en cualquier edad histórica, se prefiere seguir habitando los lugares ya antropizados (figuras 1, 2).

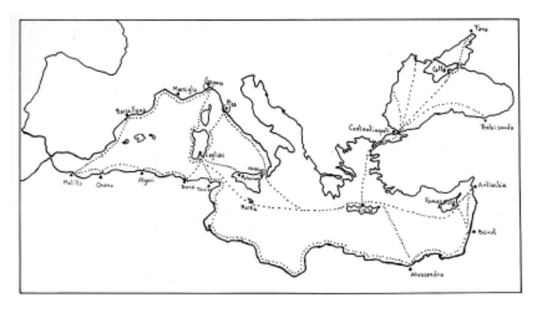


Figura 1
Mapa del Mediterráneo con las principales rutas de navegación (Russo 1992, 21).



Figura 2
Mapa de Cerdeña con localización de las torres costeras.

Indicaciones sobre los caracteres geomorfológicos, geológicos y litológicos

Cerdeña, la segunda isla en extensión del Mediterráneo, está situada en posición central en la cuenca occidental del Mediterráneo[10]. Las costas presentan un desarrollo muy variado que alterna tramos rocosos y acantilados con otros bajos y arenosos y, en ocasiones, pantanosos.

Su compleja y estratificada historia geológica ha dado lugar a una morfología extraordinariamente variada, constituida por las llanuras de los Campidani, altiplanos y relieves de modesta altimetría.

La naturaleza geológica del subsuelo sardo se refleja claramente en la construcción de sus edificios antiguos. Tal como se ha observado claramente en otros ambientes regionales[11], el hecho de utilizar casi exclusivamente la piedra disponible en los inmediatos alrededores depende de algunos factores contingentes, como el fácil acceso al material lapídeo y la dificultad de los desplazamientos, con la consecuente incidencia en los costes del transporte. En la Edad Media, también en el marco de la construcción militar, a estas exigencias primarias se asociaba una mayor atención al elegir entre las variedades de los litotipos disponibles in situ la más adecuada desde un punto de vista mecánico, químico-físico y, no menos importante, estético para el uso en la construcción. A partir del siglo XVI, sobre todo en lo que respecta a las torres costeras, no se observa la preferencia de un tipo de piedra en particular, sino que la elección se lleva a cabo en función de las ventajas inmediatas relacionadas con la facilidad de extracción y manufactura de la misma.

Los materiales: procedencia y abastecimiento

Además del material reutilizado, recuperado de emplazamientos preexistentes abandonados, el material de nueva manufactura se obtiene con distintos procedimientos. El método más rápido y menos costoso consiste en recoger pedrisco errático y utilizarlo tal como se encuentra en la naturaleza o después de efectuar pequeños «ajustes» (como el allanamiento de la superficie, la reducción de sus dimensiones y la preparación de una conformación en forma de cuña). Un método muy difundido consiste en la nivelación del banco rocoso, mientras que en otros casos se garantiza el abastecimiento recurriendo a las canteras presentes en los alrededores. No obstante, el proceso de erosión de las costas ha cancelado muchas de las canteras históricas (figura 3).

Las torres ubicadas a lo largo de la costa septentrional y oriental de Cerdeña han sido realizadas principalmente con granitos y piedras sedimentarias.

En el cuadrante noroccidental se encuentra presente la traquita utilizada a menudo junto al basalto, la caliza junto a la traquita y el basalto, y la arenisca asociada frecuentemente con otras piedras sedimentarias.

En su mayor parte, las torres ubicadas a lo largo de la costa occidental han sido realizadas con vulcanitas y rocas sedimentarias. En particular, caliza y arenisca en Alguer, y traquita y basalto en Bosa, mientras que las torres del área de Oristán se caracterizan por estar realizadas en traquita y basalto, en ocasiones mezclados con caliza y arenisco, o sim-



Figura 3
Vista de la torre di *Scau e' sai* (San Vero Milis, Or) desde el mar, después del derrumbe del acantilado (2016).

plemente en caliza y arenisco. Por último, en el sector meridional de la isla, y sobre todo en el área de Cagliari, se utiliza principalmente la caliza[12] y luego, secundariamente, diversos tipos de rocas eruptivas y sedimentarias.

Las diferentes características de los materiales utilizados no han incidido de modo significativo en el grado de manufactura de las piezas, tratándose siempre de sillarejos o formatos caracterizados por una escasa manufactura, sino más bien en su distinto grado de conservación. Por el contrario, para realizar los elementos constructivos especiales insertados en los elevados, como ménsulas, cartelas, jambas y peldaños o en las bóvedas de cobertura, que necesitan un mayor nivel de manufactura, normalmente se emplean rocas carbonatadas; de hecho, las ventajas que se obtienen inmediatamente al trabajar con un material más tierno que los basaltos y los granitos son antepuestas a su durabilidad en el tiempo.

Los morteros utilizados para disponer las capas subyacentes a las edificaciones y para el enlucido no muestran caracteres particulares, sino simples variaciones derivadas de las materias primas utilizadas en la composición de los amasijos. Los morteros poseen una base de cal aérea y los inertes están constituidos por arena de río en raros casos y, con mayor frecuencia, por la arena de mar extraída en los arenales próximos al lugar. A veces, en los enlucidos se han utilizado fragmentos de ladrillo con el fin de conferir propiedades hidráulicas al amasijo; este tipo de morteros se ha utilizado a menudo tanto en el acto de la edificación como en las intervenciones de restauración posteriores, para impermeabilizar las cubiertas, las plazas de armas y las crestas murales[13].

Las técnicas constructivas

Las torres realizadas en la fase de los juzgados presentan características netamente diferentes respecto a las que son objeto del presente estudio, tanto en lo que respecta a su tipología como a las técnicas de construcción. Las primeras poseen una estructura planimétrica de base cuadrada o rectangular principalmente y, en la mayor parte de los casos, están realizadas en sillares. Esta tipología mural ha sido utilizada en las construcciones (iglesias, campanarios, torres, puertas de la ciudad, etc.) que se convirtieron en símbolo de la ciudad misma y del poder de quien la gobernaba; la importancia que se le atribuía se manifestaba por tanto en una mayor atención estética y un gran cuidado en la realización de los paramentos murales. Los sillarejos, en cambio, se utilizan principalmente en los muros de la ciudad y en los sectores de las fortificaciones que se consideran menos representativos y menos visibles.

En sillarejos está construida también la torre de planta circular de Sant'Elia de Cagliari realizada en 1282 por los Pisani, que presenta un típico aparejo con hiladas horizontales, en ocasiones de espiguilla, habitual en la arquitectura fortificada y civil del siglo XIII[14].

De la fase aragonesa se puede decir poco sobre las torres costeras en especial, dada la exigüidad de las construcciones conservadas. No obstante, el ejemplo de Porto Torres con planta de base octagonal (1325) manifiesta, en lo que respecta a las técnicas constructivas, una persistencia en el empleo de paramentos en sillares de caliza perfectamente escuadrados (bajo los enlucidos que la recubren actualmente) que se ajustan a la tradición local; en lo que se refiere a la estructura arquitectónica, es evidente la referencia a prototipos de ascendencia catalana que se distinguen netamente de las tecnologías empleadas anteriormente en ámbito sardo.

Por último, con raras excepciones, las torres realizadas en época española presentan una planta circular. Emblemática y representativa de la superposición de las dos épocas es la torrecilla, llamada de *Portixedda*, del recinto amurallado de Oristán, donde la torre cuadrada de época medieval realizada en sillares ha desaparecido bajo una torre troncocónica, reconstruida en sus formas actuales durante la época española (siglo XVI)[15]. La albañilería presenta un paramento externo irregular de sillarejos y cuñas, mientras que los sillares que formaban parte de la estructura perteneciente a la fase de los juzgados han sido reutilizados en el paramento del sector cónico (figura 4).

Por lo general, las torres costeras no se construían con sillares[16], y solamente en Teulada encontramos un exiguo número de Torres realizadas en bloques (probablemente de recuperación) y sillarejos dispuestos en hiladas subhorizontales alternadas (p. ej. torre de San Macario). Esta tipología mural aparece como un rasgo de persistencia medieval (p. ej.: algunas porciones de las murallas de la ciudad de Oristán, del Castillo de Acquafredda en Siliqua, etc.). Otra tipología en la que se identifica claramente la ascendencia medieval está representada por los pocos fragmentos



Figura 4
La torre española de *Portixedda* en Oristán (2006).



Figura 5
Vista de la torre de *Sa Mora* (San Vero Milis, Or) en la que se observa el núcleo mural de hiladas horizontales (2011).

murales de hiladas subhorizontales de sillarejos (a veces ligeramente escuadrados) presentes, además de en la mencionada torre de Sant'Elia, en los sectores del basamento de algunas torres de la provincia de Oristán, como la torre Argentina (Bosa) y Columbargia (Tresnuraghes).

Por lo demás, se observan numerosas variantes, pero todas ellas pertenecen a la misma tipología constructiva que caracteriza tanto las estructuras originales como las intervenciones posteriores, las reestructuraciones y las restauraciones. El rasgo común y persistente es la presencia de paramentos que, debajo de los enlucidos de antaño que los revestían por completo, están realizados en sillarejos y mampuestos erráticos hallados in situ, recogidos en el suelo o en los pedregales de torrentes o ríos, a menudo sin trabajar o solo partidos, esquirlas y fragmentos resultantes de la manufactura; la textura mural presenta una evidente división por obras de alturas variables[17]. El espesor depende de la tipología de torre adoptada (de avistamiento o de defensa) y los núcleos murales son paramentos con colada interna («a sacco») o con marcas horizontales que señalan las coladas de hormigón (figura 5). Las coberturas están formadas principalmente por coladas de hormigón.

La decisión de realizar las torres con piezas caracterizadas por un reducido nivel de manufactura no dependía de la escasez de la materia prima, ni de la falta de mano de obra especializada.

De hecho, las construcciones de pedrisco, más simples solo en apariencia, presuponen el trabajo de maestrías cualificadas y expertas, dado que requieren una mayor pericia en el montaje respecto a las construcciones más regulares (elección de los sillarejos, asentamiento de los elementos y eficaz ligadura entre los paramentos). Además, las construcciones con sillares siguen utilizándose todavía especialmente en el ámbito de la construcción religiosa, y las bóvedas estrelladas son un ejemplo de las grandes competencias técnicas de las maestrías presentes todavía en Cerdeña[18]. La elección, por tanto, ha dependido principalmente de la necesidad de realizar las edificaciones en tiempos breves y con costes reducidos[19]. No había ningún interés en realizar obras imponentes que dieran la idea de una majestuosidad que ya no formaba parte de los fines del comitente. Los presupuestos y los objetivos finales habían cambiado y con ellos las técnicas constructivas que los han «traducido» en piedra y transmitido hasta nosotros.

Caracteres tipológicos

Desde un punto de vista formal, el carácter tipológico de las torres se manifestaba en la imagen misma de la construcción; las estructuras planimétricas tradicionales de las torres costeras pueden ser reconducidas, simplificándolas, a dos tipologías principales, la cuadrada y la circular. Ambas presentan peculiaridades específicas desde un punto de vista defensivo y precisos límites o ventajas en lo que respecta al aspecto económico-realizativo. En casi todas las torres costeras sardas predomina la forma cilíndrica, de gran simplicidad ejecutiva, lo que comporta un menor coste de construcción y una mayor resistencia vinculada a la forma misma de la edificación; además, la ausencia de cantoneras angulares unida a la continuidad de la sección circular facilitaba su realización, con una incuestionable ventaja a causa del menor tiempo requerido para erigirlas. Su tipología formal permitía tiempos de realización extraordinariamente reducidos; en el contexto específico sardo, la forma que asumían es precisamente la de perfil escarpado elevado de estructura planimétrica circular, predominantemente troncocónica, enraizada en el legado cultural de matriz catalana, pero también en las obras anteriores al plan virreinal, en la edad angevina y aragonesa. El espesor de los paramentos murales perimetrales de estas construcciones era directamente proporcional a la conformación y las dimensiones de las distintas manufacturas, pudiendo variar desde un mínimo de 100/150 cm en las torres «de señal» hasta los 4 metros registrados en las torres «de armas»[20]. La parte del basamento, a menudo adaptada al perfil morfológico del lugar de construcción, era capialzada y extraordinariamente sólida y estaba realizada con material heterogéneo local, fácil de obtener. La división interna se articulaba normalmente en varios niveles: el inferior e inaccesible desde el exterior, cuando existía, se utilizaba como almacén y cisterna; el mediano, o salón, presentaba un único espacio con varias funciones, como vivienda para la guarnición, depósito para armas y municiones, cocina y, cuando no estaba presente el primer nivel inferior, almacén para los víveres, depósitos del agua, etc. (figura 6). La cobertura del salón estaba realizada generalmente con una bóveda hemisférica, a menudo potenciada estructuralmente con nervaduras radiales en cruz y en algunos casos sostenidas por una o dos columnas centrales, donde se realizaba una abertura circular o cuadrada, necesaria para la ventilación y la eliminación de los humos, para hacer pasar los materiales y como vía de comunicación con el nivel superior. El forjado de pavimentación del salón, sobre todo en las torres «de armas», a menudo estaba realizado en albañilería y servía de cobertura para el primer nivel, que contenía la cisterna con forma de botella; por el contrario, en las torres de dimensiones menores, había presente un forjado de madera alojado sobre los tabiques murales inferiores dispuestos en cruz, formando un útil fondo rígido y cuatro compartimentos independientes utilizados como cisterna o depósito alimentario. El tercer nivel, constituido por la terraza o plaza de armas, resultaba accesible desde el salón, a veces con vanos y galerías, mediante una escalera de madera o de obra obtenida en el grosor de las cortinas, y terminaba con una compuerta o una garita para garantizar la protección necesaria contra los agentes atmosféricos[21].

La forma troncocónica, de aspecto monolítico conferido por un volumen unitario, presentaba una considerable eficiencia desde un punto de vista defensivo, gracias a la gran estabilidad estructural y a la mayor resistencia de las cortinas edificadas de este modo, que ofrecían una menor superficie de impacto para los golpes de artillería proporcionando al mismo tiempo una elevada capacidad de desviación del golpe, por lo que disminuían los daños en los aparatos murales y en la resistencia estática de conjunto. La división interna entre el salón y la plaza de armas, constituida como se ha mencionado por una bóveda de cúpula, permitía una distribución eficaz y uniforme de las cargas en todo el espesor de los muros, impidiendo posibles concentraciones o picos de esfuerzo anómalos; además, esta conformación estructural demostraba ser particularmente idónea para absorber el contragolpe de las artillerías ubicadas en la terraza. Por su parte, el perfil escarpado aseguraba una mejor respuesta defensiva en el asedio directo, gracias a la mayor visibilidad de la base de la estructura y a la ausencia de ángulos muertos, permitiendo una vista global total con enfoque directo desde arriba incluso para la defensa mediante lanzamiento de material.

La terraza, con función exclusivamente defensiva, se caracterizaba por sus aberturas de avistamiento, aspilleras y cañoneras realizadas en el muro externo; podía contar con elementos adicionales, como pasadizos con aspilleras para la ronda y la vigilancia. Para acceder a la torre, y en consecuencia al salón, se atra-

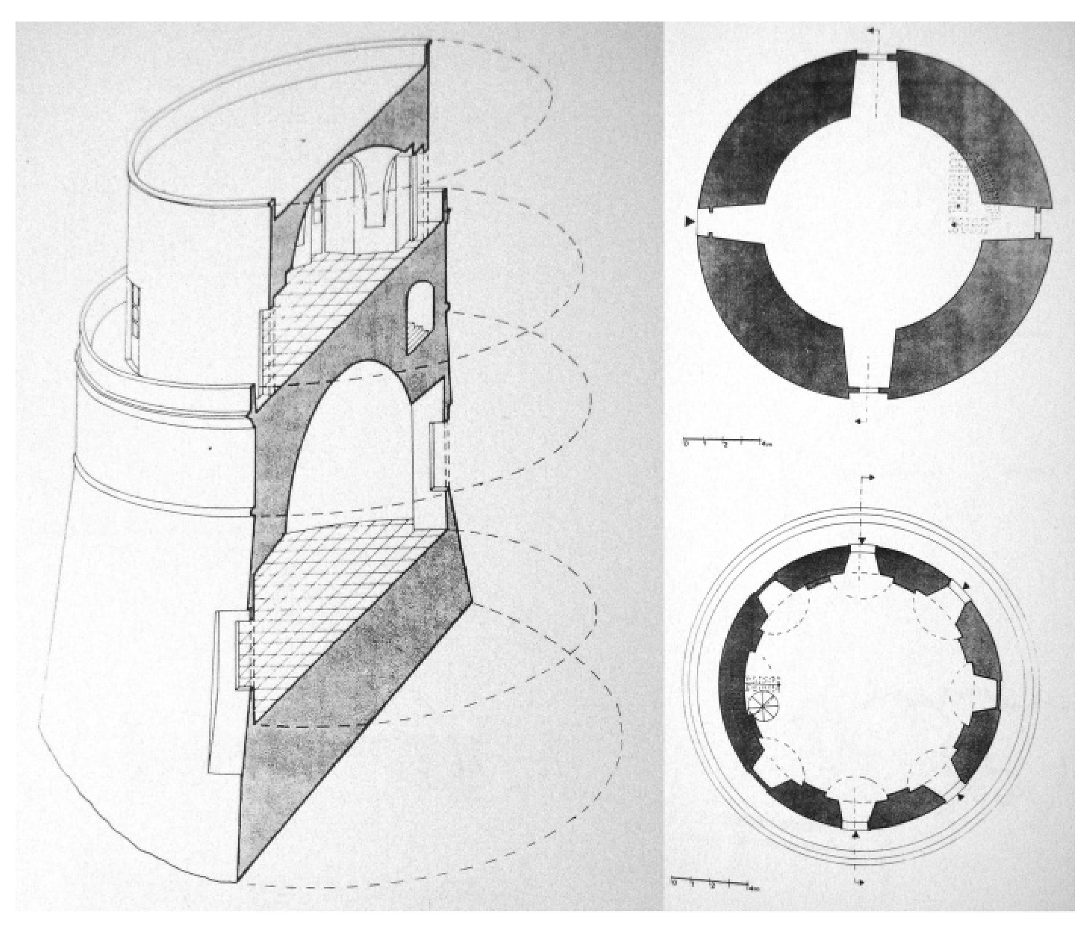


Figura 6
Cala Mosca (Cagliari), *Torre de la Señal*, de planta baja y primer piso y una sección transversal isométrica (Kirova 1984).

vesaba un portón de hierro colocado a varios metros de altura respecto al suelo. Además de desempeñar la función de control y vigilancia de la costa, las torres jugaban un papel fundamental en la defensa activa de la costa y del mar que se extendía ante ellas. Ocupaban puntos estratégicos y distribuidos de manera que permitían establecer una comunicación visual continua con las dos torres adyacentes en los lados costeros derecho e izquierdo, así como con puntos fijos de vigía denominados «guardias muertas».

El límite principal de las torres circulares o troncocónicas residía en la reducida superficie de la plaza de armas debida a su específica estructura constructiva, que reducía sensiblemente el número de las piezas de artillería que podían colocarse en ellas limitándolas a un máximo de dos.

No faltan excepciones aisladas como la torre Salinas, la única de las torres costeras sardas que no presenta esta recurrente forma constructiva; su estructura muestra una forma planimétrica cuadrada, desarrollada en tres pisos de dimensiones decrecientes hacia arriba, de modo que constituyen una conformación ahusada en vertical (figura 7). Construida sobre la laguna de Salinas en 1650, estaba destinada a la defensa de las salinas de Colostrai y, al mismo tiempo, mediante la conexión visual con la torre de Capo Ferrato y con la de los Dieci Cavalli, ejercía una función de avistamiento y señal en caso de ataque.



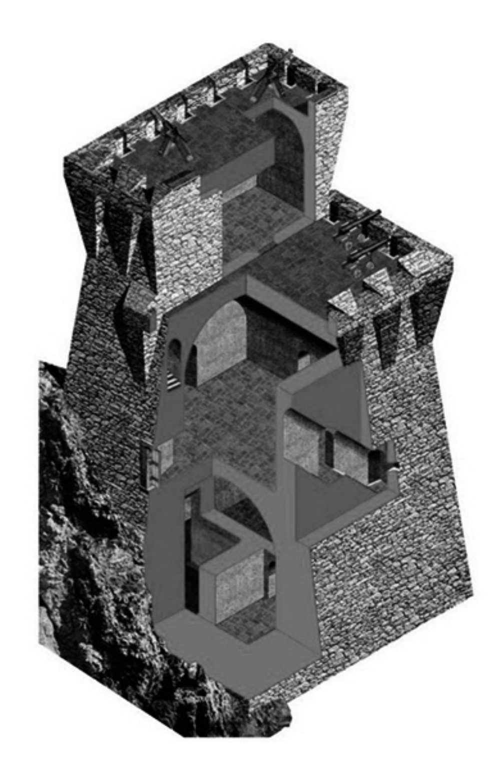
Figura 7
Muravera (Cagliari), *Torre Salinas*, vista de la torre antes de la restauración.

Por lo tanto, mientras en el territorio sardo predominaba la forma circular, en el resto de la península el sistema defensivo costero del Mar Mediterráneo, sobre todo el del Reino de Nápoles y de Sicilia, se caracterizaba por sus torres de conformación planimétrica cuadrangular, que permitía una mayor distribución de la artillería pero también requería tiempos más largos de construcción y una mayor especialización de las maestrías. Las estructuras fortificadas, todavía visibles, construidas a lo largo de los litorales del Reino de Nápoles que se extendía desde los actuales Abruzos hasta la Calabria contemporánea, comprendiendo algunas áreas del Lacio meridional y oriental, fueron construidas en virtud de la ordenanza del virrey Don Pedro de Toledo requerida en 1532 a raíz de los numerosos saqueos efectuados por parte de los piratas y corsarios procedentes de Oriente. Dependiendo de sus características morfológicas territoriales y de sus exigencias económicas y de aprovisionamiento del material necesario para la construcción, los distintos estados del Reino de Nápoles desarrollaron un sistema costero defensivo con torres de distintas tipologías, variantes de la forma clásica cuadrangular. Sin embargo, aunque de modo reducido, también hay presentes torres de estructura circular.

En la costa salernitana y amalfitana, así como en toda la tirrena, las irregularidades de las características morfológicas comportaron un desarrollo tipológico constituido por variantes de la configuración original cuadrangular de las torres, con una articulación de los espacios que respondía a las exigencias específicas relacionadas con el uso de la artillería y donde es típico el uso de la tronera (figura 8). La dificultad técnica debida a la realización de este elemento estaba relacionada con la necesidad de resolver problemas técnicos ausentes en la torre de base circular, o sea: un cálculo exacto de los volúmenes y de las distancias entre las troneras dispuestas en los lados, una congrua proporción entre el número y el tamaño de las mismas en función de la anchura de las fachadas murales y la realización de una solución de esquina adecuada para la colocación de las troneras mismas. De este modo podemos identificar las siguientes tipologías:

1- Torres costeras medievales adaptadas: sustancialmente modificaciones de estructuras preexistentes realizadas reduciendo su altura original, concebida para el uso de armas neurobalísticas.
2- Torres sin tronera: estructura desprovista de este elemento por motivos económicos y por su escasa relevancia estratégica.
3- Torres con una tronera: con presencia de una única tronera que solo permitía el tiro en un pequeño sector; resulta ser la tipología menos utilizada salvo en puntos con exigencias específicas.
4- Torres de tres troneras: considerada como el módulo básico de todas las otras variantes, es la más difundida en el territorio.
5- Torres de cuatro troneras: tipología derivada de la necesidad de asegurar una cobertura en todo el perímetro de la estructura.
6- Torres de cinco troneras: edificadas sobre todo en proximidad de cursos de agua y de arenales; es la que se utilizaba con mayor frecuencia después de la de tres troneras.
7- Torres de doble altura: esta variante deriva de las altas rocas de la costa de Amalfi, que acababan por dominar la terraza de la torre impidiendo la vista y facilitando la eliminación de la guarnición.





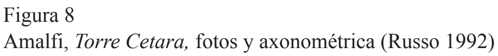
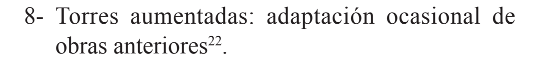


Figura 8
Amalfi, *Torre Cetara,* fotos y axonométrica (Russo 1992)



8- Torres aumentadas: adaptación ocasional de obras anteriores[22].

A lo largo de la costa salentina las torres, aún presentando distintas características en función de la época en la que fueron construidas y de su ubicación, poseían elementos estructurales comunes: paredes escarpadas hacia el exterior, barbacanas, desarrollo vertical en dos pisos, piso inferior con una cisterna de agua que recogía las aguas pluviales y una chimenea que servía para calentar el ambiente interior, entrada sobreelevada accesible mediante una escalera de madera y materiales de construcción extraídos en las canteras locales. Las cinco tipologías presentes en el territorio salentino (incluyendo las circulares) desarrollan una forma arquitectónica que influyó en las masías fortificadas del interior, que basaban su seguridad en el sistema defensivo costero de avistamiento. Al igual que en la costa de Amalfi, en Salento las torres de base troncopiramidal se subdividen en diversas tipologías y subcategorías que se distinguen por la presencia o ausencia de algunos elementos constructivos y por sus dimensiones.

1- En la primera tipología, construida en los tramos de costa más indefensos y fruto de la iniciativa estatal, se distinguen: torres de tres barbacanas en contraescarpa con lado interno inferior variable de 5 m a 6,5 m; torres grandes de tres barbacanas en contraescarpa con lado interno mayor de 6,5 m; torres de tres barbacanas a ras de la escarpa (alineación de las barbacanas con la inclinación de las paredes); y torres desprovistas de barbacanas.
2- La segunda tipología se distingue por la presencia de un basamento troncopiramidal sobre el que se eleva un cuerpo paralelepípedo con barbacanas similares a las de las masías. La medida del lado de la base está comprendida entre 11 y 16 m, con una altura variable entre 14 y 18 m.

3- La tercera tipología presenta torres de base circular con diámetro superior a 16 m y torres con diámetro de la base comprendido entre 11 y 16 m.
4- La cuarta tipología, que incluye un número mínimo de torres, se refiere a las de forma circular con diámetro de la base inferior a 9 m, caracterizadas por una base troncocónica compacta que aloja una cisterna sobre la que se erige un cilindro, alcanzando una altura máxima total de 7 m.
5- La quinta y última tipología está constituida por torres de base octagonal[23].

La situación es distinta en el territorio siciliano donde, entre los siglos XV y XVI, a raíz del gobierno Gonzaga y De Vega, fue necesario idear un nuevo sistema defensivo para sustituir al anterior, precario y con fortificaciones en desuso y en ruinas. El proyecto para completar la línea de las torres costeras siguió un criterio según el cual las torres debían respetar algunos factores organizativos y logísticos, como la disponibilidad del material de construcción, la proximidad a lugares productivos y comerciales y una disposición que permitiera un intercambio eficaz de señales con las otras torres contiguas. Según estos criterios, las torres se subdividen en tres categorías: de menor, medio y mayor tamaño, colocadas respectivamente en posición elevada, y por lo tanto defendidas naturalmente, en posición llana poco distante del mar y, por último, sobre escollos y a plomo sobre el mar o sobre la playa o cerca del puerto. Sin embargo, la actuación de este proyecto no respondió plenamente a las expectativas en términos de eficacia de cobertura ni ofreció una respuesta adecuada a las crecientes exigencias defensivas, por lo que tras el encargo conferido a Camillo Camillani se reconstruyeron y reestructuraron muchas torres más (figura 9). En una línea defensiva formada también por torres de base circular que se remontaban a los años 1300–1400, las torres de Camillani se distinguían por su planta cuadrangular, desarrollada en tres niveles. La base, variable en función de la orogra-



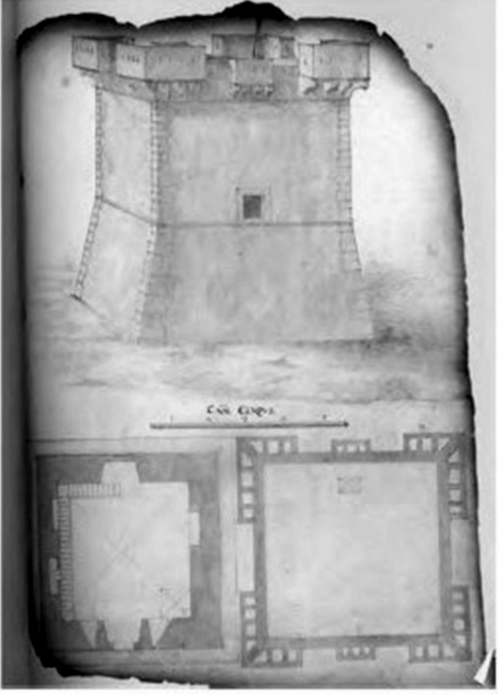


Figura 9
Los tipos de torre camillianeo con una base circular y cuadrada (Lo Faro; Mangalli; Santagati 2016)

fía del terreno, estaba construida sobre un pedestal y desprovista de aberturas y a menudo era moderadamente escarpada. Este nivel, realizado mediante un simple relleno, denominado «massizzo», alojaba la cisterna impermeabilizada. El piso superior, en cambio, disponía de un único ambiente de planta cuadrada o, en caso de torres de dimensiones mayores, de tres locales de los que normalmente dos presentaban una planta cuadrada y uno rectangular. El último nivel, la terraza, resultaba accesible desde el nivel inferior mediante una escalera realizada en el grosor del muro y desarrollada en varios tramos. Lo que caracterizaba esta tipología de torres era la presencia de nervaduras angulares en las paredes externas, mientras que las paredes perimetrales estaban realizadas con paramentos de piedra local con relleno[24].

Notas

1. Sobre el sistema defensivo costero de Cerdeña existe una rica recopilación de documentos de archivo (entre los que destacan los conservados en los archivos estatales de Cagliari y Turín, de la Corona de Aragón en Barcelona y de Simancas) y de estudios realizados sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XIX, entre los que cabe mencionar: Della Marmora 1849; Pillosu 1957; Fois 1981; Guidetti 1989; Montaldo 1992; Russo 1992; Mele 2000; Rassu 2005; Altara 2007; Tola 2003; véanse también los artículos en Anatra, Mele, Murgia y Serreli 2008 y en Rodríguez Navarro 2015; Fiorino y Pintus 2015; Giannattasio, Grillo y Murru 2017.
2. En el Medioevo (siglos X–XV), Cerdeña estaba dividida políticamente y militarmente en cuatro estados, denominados juzgados (Torres, Gallura, Arborea y Cagliari).
3. Las ciudades costeras fueron abandonadas en la Alta Edad Media a causa de las incursiones árabes.
4. En 1479, a raíz del matrimonio de Isabel I de Castilla y Fernando II de Aragón (1469), Cerdeña pasa de la dominación aragonesa a la española, que duró hasta el año 1720.
5. Ver Fois 1981, 5–77; Rassu 2005, 1–66.
6. Felipe II asciende al trono en el año 1556.
7. Son censadas las torres existentes y en fase de construcción, ver Castelli 1984, 41–62; Rassu 2005, 25; y Giannattasio 2017, 40–42.
8. Rassu 2005, 26. En 1578 resultan presentes 29 torres y otras en construcción, y en total entre 1587 y 1714 se edificarán 42 torres.
9. Putzu 2015, 17, 18.
10. Tiene unos 260 km de longitud de norte a sur, y 120 km de oeste a este. Sola, cubre sola una extensión de 23 815 km2, a los que se suman los 275 km2 de los islotes costeros. El desarrollo de las costas sardas abarca 1385 km, más 512 km de las islas menores.
11. Ver Esposito 1998, 69.
12. Los relieves y las colinas de la zona de Cagliari están formadas por un complejo de depósitos calcáreos que han abastecido las piedras para la ciudad desde la antigüedad.
13. En lo que respecta al análisis químico-físico de los morteros, V. Grillo 2017, 87, 88.
14. Ver al respecto Putzu 2015.
15. La datación del siglo XVI ha sido precisada basándose en los estudios estratigráficos efectuados en las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo entre 1992 y 1994 (Zucca 1997, 25–30).
16. En la torre de Porto Paglia (Gonnesa, Carbonia-Iglesias), de datación incierta, el sector inferior está realizado en sillares o bloques.
17. Giannattasio y Murru 2017, 91–101.
18. Segni Pulvirenti y Sari 1994.
19. De hecho, en lugar de tropas y naves para patrullar los litorales, Felipe II prefirió potenciar la red de las torres, dado que esta podía ser construida y gestionada por la isla misma, en lugar gravar sobre la corona (Tola 2003, 9).
20. Rassu 2005, 31.
21. Altara 2007.
22. Russo 2009.
23. Bruno, Losso, Faglia y Manuele, 1978, 97, 133,152, 172, 179–180.
24. Ilardo, Moncada y Schittino 2011. Torre Salinas, denominada de este modo porque se utilizaba para vigilar las antiguas salinas de Colostrai, es la única torre costera sarda que presenta una estructura de base cuadrada y ha sido reestructurada recientemente.

Lista de Referencias

Altara, Edoardo. 2007. *Guida alle torri costiere della Sardegna. 1000 anni d'incursioni barbaresche*. Cortona: Calosci.

Anatra Bruno; G. Mele; G. Murgia; G. Serreli (eds). 2008. *Contra moros y turcos. Politiche e sistemi di difesa degli stati della corona di Spagna in Età Moderna*. Atti del Convegno Internazionale di Studi (VillasimiusBaunei, 20–24 settembre 2005). Dolianova: Istituto di Sotia dell'Europa Mediterranea-CNR.

Bruno, Fernando; G. Losso; V. Faglia; A. Manuele. 1978. *Censimento delle torri costiere nella provincia di terra D'Otranto. Indagine per il recupero nel territorio.* Roma: Istituto italiano dei Castelli.

Castelli, Piero. 1984. «La progettazione del sistema territoriale di difesa». In KIROVA T.K. (ed.). *Arte e cultura del*

'600 e del '700 in Sardegna. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane, 41–62.

Della Marmora, Alberto. 1849. *Proposta per il riordinamento delle torri di Sardegna e di un nuovo servizio costale per quell'isola*, Torino: Stamperia sociale degli artisti tipografi.

Esposito, Daniela. 1997. *Tecniche costruttive murarie medievali: Murature a tufelli in area romana.* Roma: Erma Bretschneider.

Fiorino, Donatella Rita; M. Pintus (eds.). 2015. *Verso un atlante dei sistemi difensivi della Sardegna*, Napoli: Giannini Editore.

Fois, Foiso. 1981. *Torri spagnole e forti piemontesi in Sardegna*, Cagliari: La Voce Sarda.

Giannattasio, Caterina; S. M. Grillo; S. Murru, 2017. *Il sistema di torri costiere in Sardegna (XVI-XVII sec.) Forma, materia, tecniche murarie*, Roma: L'Erma di Bretschneider.

Giannattasio, Caterina; S. Murru, 2017. «Tessiture murarie e saperi costruttivi». In *Giannattasio, Grillo, Murru 2017*: 91–101.

Grillo, Silvana Maria. 2017. «Dei materiali e delle malte». In *Giannattasio, Grillo, Murru 2017*: 83–89.

Guidetti, Massimo. 1989. *Storia dei Sardi e della Sardegna: L'età moderna, dagli Aragonesi alla fine del dominio spagnolo*, Milano: Jaca Book.

Ilardo, Salvatore; S. Moncada; S. Schittino. 2011. *Lascari e le sue torri, una storia ritrovata,* Cefalu: Marsala edizioni.

Mele, Giuseppe. 2000. *Torri e cannoni. La difesa costiera in Sardegna nell'età moderna*, Sassari: Edes.

Montaldo, Gianni. 1992. *Le torri costiere in Sardegna*, Sassari: Carlo Delfino.

Pillosu, Evandro. 1957. *Le torri litoranee in Sardegna*, Cagliari: Tipografia La Cartotecnica.

Putzu, Maria Giovanna. 2015. *Tecniche costruttive murarie medievali. La Sardegna*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Rassu, Massimo. 2005. *Sentinelle del mare. Le torri della difesa costiera della Sardegna*, Cagliari: Grafica del Parteolla.

Rodríguez Navarro, Pablo. 2015 (Ed.). «Defensive architecture of the Mediterranean, XV to XVIII centuries», *Proceedings of International Conference on Modern Age fortications of the western Mediterranean coast,* FORTMED (Valencia, October 15th–18th 2015). Valencia, vol. 1–2.

Russo, Flavio. 1992. *La difesa costiera del Regno di Sardegna dal XVI al XIX secolo*, Roma: Stato maggiore dell'Esercito, ufficio storico.

Russo, Flavio. 2009. *Le Torri costiere del regno di Napoli. La difesa frontiera marittima e le incursioni corsare tra il XVI e il XIX secolo,* Napoli: ESA - Edizioni scientifiche e artistiche.

Segni Pulvirenti, Francesca; A. Sari. 1994. *Architettura tardogotica e d'influsso rinascimentale*, Nuoro: Ilisso.

Tola, Gabriele. 2003. *La gran Torre d'Oristano*, Cagliari: Condaghes.

Verdiani, Giorgio. 2016. «Defensive architecture of the Mediterranean 15. to 18. Centuries». *Proceedings of the International conference on Modern age fortifications of the Mediterranean coast*, FORTMED. Firenze: DIDAPRESS.

Zucca, Raimondo. 1997. «Le torri di Portixedda». In *Quaderni Oristanesi*, 39/40: 25–30.

Bóvedas de crucería que se proyectan en planta según una matriz de estrellas. Transmisión de conocimiento técnico en el tardogótico europeo

Enrique Rabasa Díaz
José Calvo López
Rafael Martín Talaverano

La evolución de la construcción gótica de bóvedas presenta particularidades en los diversos países europeos, especialmente en lo que se refiere a los métodos para diseñar la elevación o volumetría de las bóvedas. Algunos de los procedimientos se repiten y son más o menos conocidos; pero el aplicado para una bóveda concreta no es deducible ahora, ni lo sería tampoco en su momento para un maestro, solo a partir de la simple observación de su apariencia o a partir de la planta: requiere una explicación o el acceso a las trazas. Partiendo de esta hipótesis, este trabajo pretende profundizar en la transferencia de conocimiento técnico en el tardogótico europeo desde el análisis de la volumetría de bóvedas aparentemente similares.

Tras haber analizado en trabajos anteriores qué tipologías pueden ser más interesantes para este propósito, esta comunicación se centra en las bóvedas que, cubriendo un espacio único sin apoyos, presentan un dibujo de la red de nervios que se reconoce como el propio de una agrupación de varias bóvedas de terceletes, o, en casos más elementales, de varias bóvedas cuatripartitas. No hay denominación concreta para el tipo de bóvedas que presentan esta configuración, pero se han dado por toda Europa. Son expresión tardogótica de la independencia de la trama pensada en proyección horizontal y la forma volumétrica real. Existen como conjuntos de dos, cuatro, seis bóvedas de ojivos o de terceletes, y se dan en edificios clave de la arquitectura del período, como el crucero de la catedral de Lincoln o el monasterio de los Jerónimos de Lisboa, pero también en otros menos conocidos.[1]

Agrupaciones de bóvedas nervadas

En varias ocasiones aparecen, tanto en los manuscritos de cantería como en edificios construidos, unas agrupaciones de bóvedas nervadas que sorprenden al presentar en un solo volumen espacial lo que suelen ser unidades separadas. Se asocian dos, cuatro, seis u ocho dibujos o patrones de bóvedas cuatripartitas o de terceletes, formando pareja o dispuestas en cuadrícula, para cubrir un único espacio abovedado.

La planta se resuelve por yuxtaposición de plantas de bóvedas, pero se manipula la disposición espacial de la red resultante para obtener un único abovedamiento. Si para hacer esto se emplea el dibujo de solo dos bóvedas, basta con trazar los formeros o arcos perimetrales de los lados largos como un único arco y elevar el perpiaño intermedio, que ha de arrancar de las claves de los formeros unificados. Cuando se unen cuatro o más crucerías individuales, los efectos de la operación son más evidentes, pues la unificación espacial exige la supresión de uno o varios soportes interiores, y los enjarjes que corresponderían a estos soportes centrales se convierten en claves principales. Como consecuencia, las claves polares de las crucerías cuatripartitas o estrelladas que forman las células unitarias de la agrupación pasan a ser claves secundarias. Estas peculiares asocia-

ciones de bóvedas pueden ser difíciles de distinguir en una planta dibujada de una nave de iglesia o sala ordinaria, cuando el dibujo no diferencia con claridad si existen o no apoyos en algunos vértices de las estrellas, puesto que con ellos la misma planta podría representar bóvedas individuales.

Para realizar los análisis oportunos, hemos llevado a cabo levantamientos de los ejemplos más representativos de este tipo de bóvedas, en particular las que se pueden encontrar en Ornieta, Braniewo y Lidzbark Warminski, actualmente en Polonia, así como las de Lincoln, Salamanca, Murcia, Santoña, Santiago de Compostela, los Jerónimos de Lisboa, Niebla, Sevilla y Saint-Eustache de París. En general los levantamientos se han practicado mediante fotogrametría automatizada, empleando el programa Photoscan, que permite determinar la orientación interna de un gran número de fotografías, generar una nube de puntos densa, construir una malla tridimensional a partir de la nube de puntos y proyectar sobre la nube de puntos texturas obtenidas a partir de las fotografías. Este procedimiento suministra un modelo tridimensional de cada bóveda, pero se trata de un modelo sin orientación externa, y por tanto, no posee escala ni referencia a la vertical, aunque permite obtener ortofotografías correspondientes a plantas y secciones (como las que se ven en la figura 3). Para superar estas limitaciones, se ha contado además con apoyo topográfico mediante un distanciómetro Leica DistoS910, montado sobre trípode, lo que suministra coordenadas de algunos puntos de la bóveda, para escalar y verticalizar el modelo tridimensional, y por tanto las ortofotos.

En este trabajo nos centraremos en las agrupaciones de bóvedas estrelladas de terceletes, que presentan una disposición muy semejante en ejemplos dispersos en el espacio y el tiempo. Esto permite descartar la hipótesis de que se trate de una idea surgida de manera espontánea e independiente en lugares distintos. Sin embargo hay que llamar la atención sobre algunos conjuntos de cuatripartitas tan notables como el del crucero de la catedral de Orihuela (figura 1) y las bóvedas de la lonja de Valencia, ambas de Pere Compte, o las de Trier, la sacristía de la catedral de Praga, las de Miranda do Douro, la iglesia de Murillo en Fruto, las del sotacoro del convento de Santo Tomás de Ávila y del convento de San Francisco, ambos en Ávila, y el de la iglesia de Sos del Rey Católico (con terceletes en el perímetro), las de la sacristía de la universidad de Salamanca, las curiosísimas del deambulatorio de la iglesia parroquial de Alcocer en Guadalajara (Senent 2016, 286), el monasterio de Neuzelle en Alemania oriental, Saint-Nizier de Troyes o Saint-Jouin de Marnes; no entraremos en su análisis detallado por motivos de espacio.

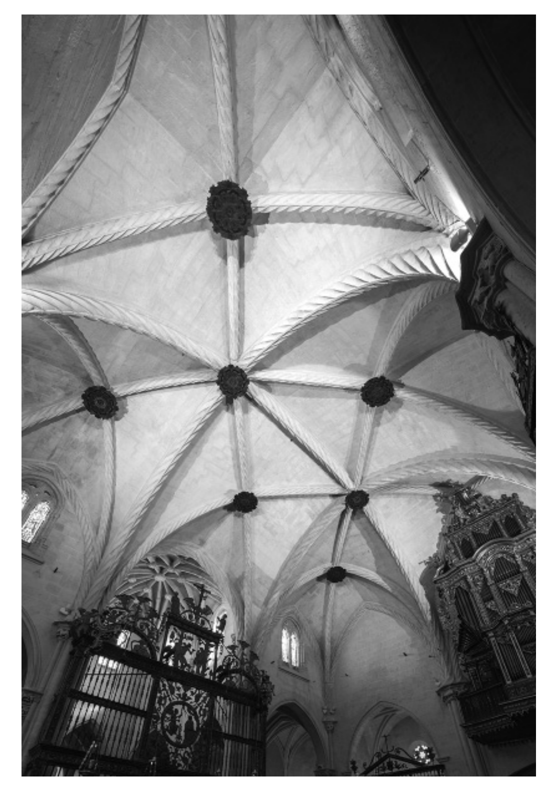


Figura 1
Catedral de Orihuela (fotografía de los autores)

Tampoco incluiremos las bóvedas de varias estrellas rebajadas, como las del sotacoro de los Jerónimos de Lisboa o las de la entrada de Saint-Nicolas de Troyes o un conjunto muy singular en Brandeburgo, con dos estrellas que se deforman y adaptan a las condiciones de contorno, por entender que se trata de casos especiales que llevan a disposiciones muy distintas.

Las agrupaciones de bóvedas estrelladas en los manuscritos y en la práctica constructiva

Se encuentran esquemas de conjuntos de estrellas de cuatro puntas en los fols. 26r, 26v, 28v del Libro de

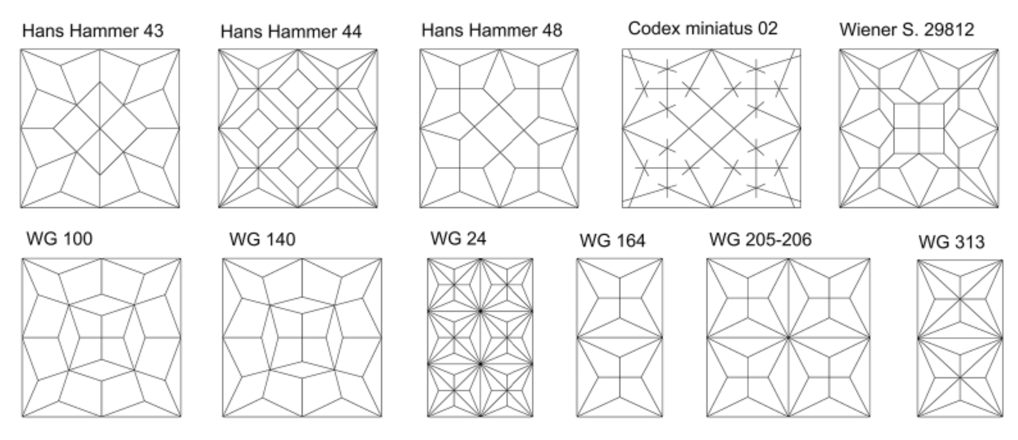


Figura 2
Plantas con varias estrellas en trazados centroeuropeos (redibujados por los autores)

patrones de Hans Hammer de la Biblioteca Augusta de Wolfenbüttel (ca. 1500); en fol. 02r del *Codex Miniatus* de la Biblioteca Nacional de Austria, impropiamente conocido como cuaderno de Dresde (1560–1570); en el dibujo 29.812 de la colección *Wiener Sammlungen* de la Academia de Bellas Artes de Viena, que presenta otros muchos dibujos referentes a casos reales de los siglos XV y XVI; y en los fols. 100 y 140 del cuaderno del maestro WG de Frankfurt (c. 1560, Instituto Städel de Munich). En todos ellos, pequeños enlaces de las estrellas dibujadas, en la zona central, nos muestran que se trata de una sola bóveda. El del *Codex Miniatus* ofrece un esquema para las elevaciones de los nervios empleando el llamado *Prinzipalbogen*; el del *Wienner Sammlungen* un esquema lateral de arcos podría referirse a la bóveda. Pero hay también agrupaciones de estrellas sin enlaces ni deformaciones de la trama en el cuaderno de WG, fols. 24 (con 6 estrellas), 164 (con 2), 205–6 (con 4), y 313 (con dos), aunque en estos casos, que no ofrecen información sobre las elevaciones, es difícil saber si se piensa o no en apoyos intermedios (para referencias, véase Rabasa et al. 2015; figura 2).

Podemos clasificar los conjuntos de bóvedas realmente construidas en dos tipos. En el primero, que refleja con más claridad el concepto de agrupación unitaria de piezas elementales, los arcos perimetrales son arcos simples que salvan la luz de uno de los lados de la planta (figura 3, fila superior). Sin embargo, en otros casos se disponen varios arcos en alguno de los lados, y por tanto aparecen apoyos con enjarjes al menos en un punto intermedio de uno de los lados de la planta (figura 3, línea central).

Esta segunda solución, con apoyos intermedios, aparece en el ejemplo más antiguo entre los localizados, en el crucero de la catedral de Lincoln (figura 4). El cimborrio en sí se construyó en el siglo XIII, pero a partir de 1306 se añadió un piso por el cantero Richard of Stow (Webb 1956, 130–131; Kidson 1994, 42–43); probablemente esto llevó a este maestro a extremar la prudencia, por lo que no se atreverían a suprimir los apoyos intermedios.

A mediados del mismo siglo XIV se construyen agrupaciones de bóvedas estrelladas con arcos perimetrales simples en Orneta, actualmente en Polonia; en la centuria siguiente encontramos una solución similar en la vecina ciudad de Braniewo. Ambas están ejecutadas en ladrillo y de forma poco cuidadosa, quizá por la propia naturaleza de la técnica de la albañilería.

En España este tipo de bóvedas aparecen más tarde, en la capilla de la Virgen de la Antigua de la catedral de Sevilla, de 1485, vinculada a artífices alemanes, como también ocurre con las bóvedas de crucería asimétricas (Gómez Martínez 1988, 86; Aramburu-Zabala 2000, 16; Martín et al. 2012; López Mozo 2017). Se trata de cuatro estrellas, agrupadas en cuadrícula, con la particularidad de que las puntas de las estrellas no concurren, sino que se entrecruzan.

En la catedral de Murcia existe una pareja de estrellas junto al claustro, a la entrada del actual museo

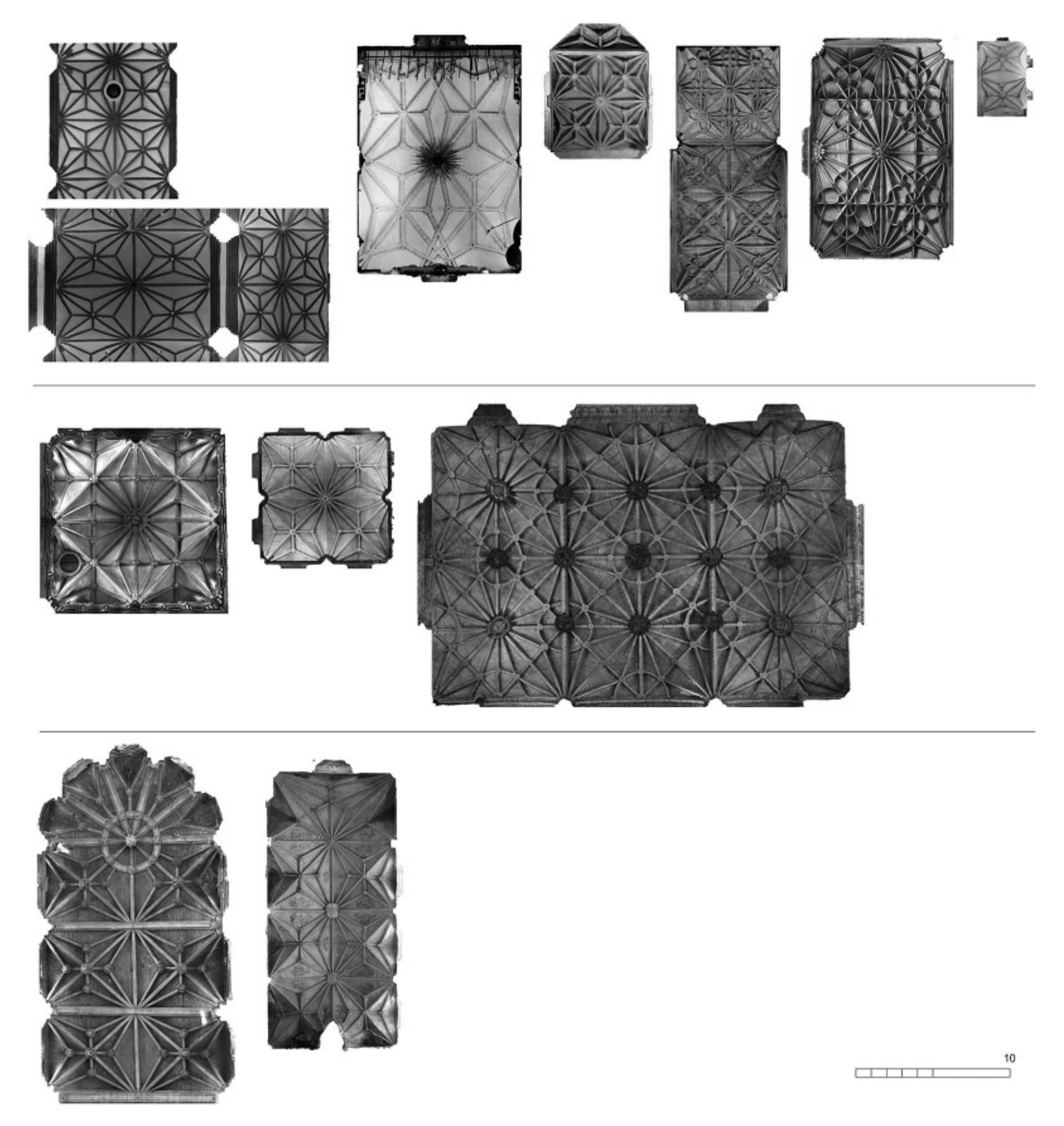


Figura 3
Ortofotos de las bóvedas estudiadas, a la misma escala (imagen de los autores). En la fila superior las que se encuentran en Orneta, arriba, y Branievo, abajo, ambas en Polonia y con nervios de ladrillo, y tras ellas, hacia la derecha, las de Sevilla, Niebla (también de ladrillo), Santoña, Salamanca y Murcia; en la fila central las de Lincoln, Santiago y Los Jerónimos de Lisboa; abajo, Saint-Eustache de París y Lidzbark Warminski en Polonia.

catedralicio, de reducido tamaño y datación incierta.[2] También son de este tipo las de la iglesia de Santa María de la Granada de Niebla, de 1515 (Infante 2016). En la iglesia de Santa María del Puerto de Santoña, encontramos dos grupos con características semejantes, uno con cuatro estrellas y otro con seis. Las obras comenzaron con el derribo de la iglesia existente, probablemente románica, hacia 1530 y es-

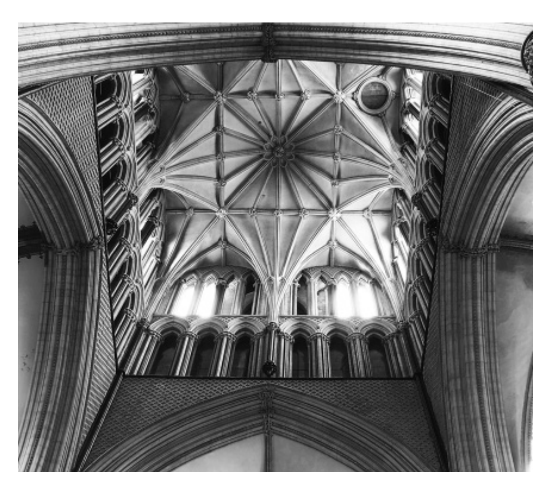


Figura 4
Crucero de la catedral de Lincoln (fotografía de los autores)

tarían terminadas hacia 1562 (Aramburu-Zabala 2002, 15). También tenemos un grupo de cuatro estrellas en el deambulatorio de la catedral de Salamanca, construida en 1589 por Juan del Ribero Rada (ver también Nussbaum 1999); ahora bien, Gómez Martínez (1988, 88) entiende que materializa un esquema previo de Juan Gil de Hontañón.

Todas las anteriores emplean la solución de arcos perimetrales simples. Sin embargo, en la bóveda del crucero del Hospital Real de Santiago de Compostela, formada por cuatro estrellas, se emplean arcos perimetrales con apoyo intermedio al modo de Lincoln. La traza general del hospital se realiza en 1499; los pilares y entablamentos del crucero se ejecutan en 1511, pero la bóveda estaba en obras en 1527, momento en el que se traspasa a Juan Pérez, Diego de los Prados y Juan de Villaverde (Villamil 1903, 475; Gómez Martínez 1998, 72–73; Rosende 1999, 37–39). Por otra parte, en el crucero de la iglesia del monasterio de los Jerónimos en Bélem tenemos un grupo de seis estrellas, también con varios arcos perimetrales por cada lado de la planta, que sorprende por sus dimensiones, apreciablemente mayores que los ejemplos anteriores (Gómez Martínez 1988, 87; Aramburu-Zabala 2000, 16; Genin 2014, 42). Como en la Virgen de la Antigua, se juega con la geometría de la bóveda, pero el trazado es muy diferente, pues aquí los terceletes de las estrellas se acaban fundiendo con unas ruedas dispuestas alrededor de los polos. La iglesia fue diseñada por Diego de Boitac en 1498 y construida entre 1516 y 1522 por Juan del Castillo, que había llegado a Portugal en 1507 a través de Sevilla, y que recibe el encargo de construir los pilares y la bóveda del crucero en 1522. Por tanto, el diseño de estas dos últimas bóvedas podría deberse al conocimiento de la capilla de la Virgen de la Antigua, a una influencia inglesa transmitida a Galicia a través de Portugal, a una adaptación a las condiciones de contorno que justificarían el empleo de varios arcos perimetrales o a una suma de todos estos factores.

Caso diferente es el de las filas de dos estrellas que encontramos en Lidzbark Warminski (Polonia), de la segunda mitad del siglo XV y Saint-Eustache de París, comenzada en el siglo XVI (figura 3, abajo). Como veremos, en ambas se forma una especie de cañón con iluminación por lunetos.

La configuración espacial de las agrupaciones de bóvedas estrelladas

Las observaciones del apartado precedente corresponden en general a rasgos fácilmente detectables a simple vista. Ahora bien, los levantamientos practicados aportan una información adicional que nos permite profundizar en el trazado de estas piezas. Si bien la distinción entre arcos perimetrales simples y arcos múltiples para cada lado de la planta proporciona un primer criterio de clasificación inmediatamente reconocible, existen otros rasgos menos evidentes pero que ejercen una influencia más profunda en la disposición espacial de la pieza. En concreto, en cada una de estos ejemplos existe un arco o nervio que parece trazarse en primer lugar con cierta libertad, pero que condiciona la disposición de los restantes elementos de la bóveda. Para empezar, los pequeños terceletes o rampantes de cada una de las estrellas son siempre secundarios y se adaptan al volumen general, que viene determinado por el trazado de ojivos y nervios que dividen unas estrellas y otras, es decir, los nervios que serían formeros y perpiaños si las estrellas fueran independientes, pero que se convierten en arcos transversales o ejes de simetría de la agrupación de estrellas.

Las diferencias entre los trazados de estos ojivos y arcos transversales en unos ejemplos y otros son notables (figura 5, en la que aparecen separados los tres

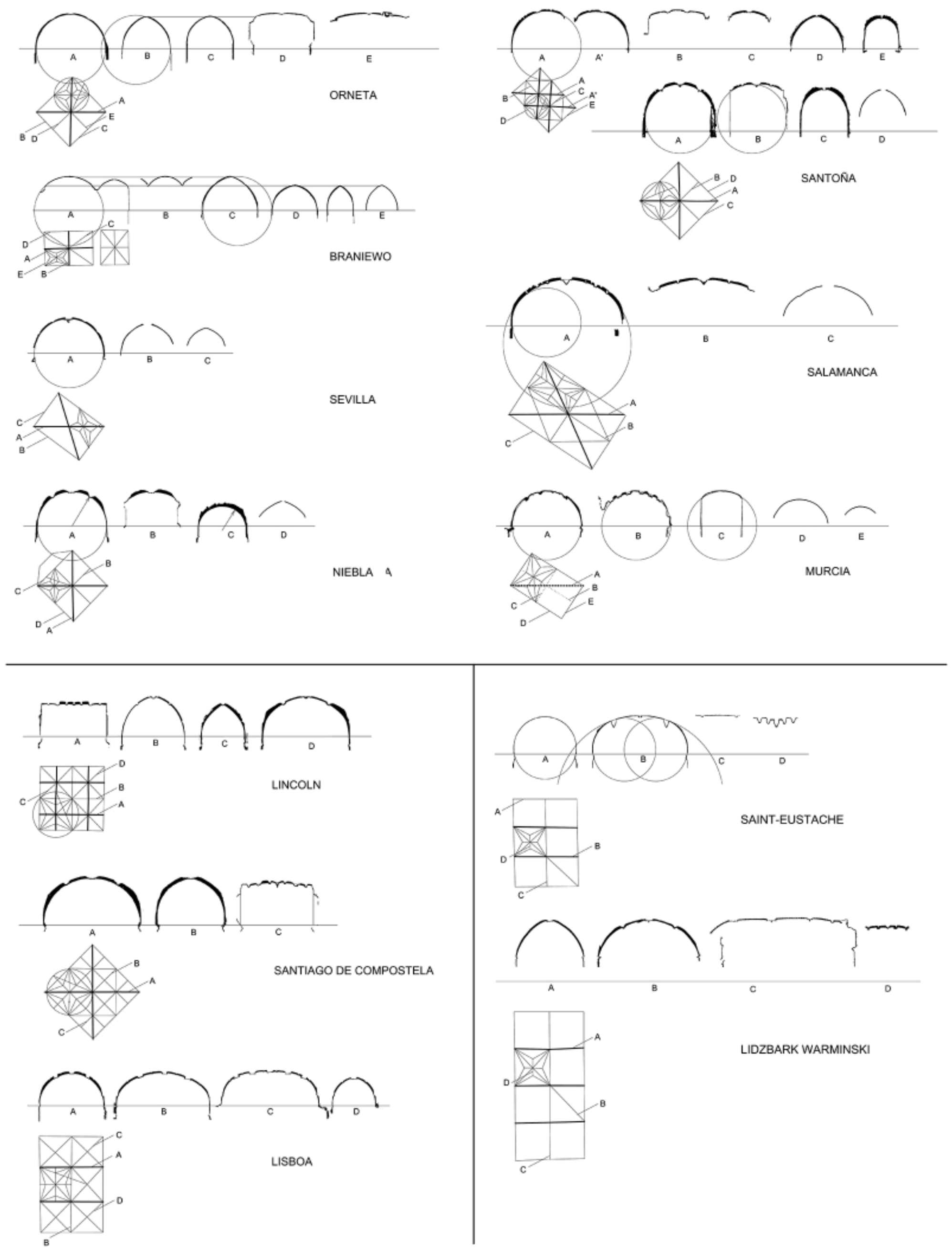


Figura 5
Relaciones de los arcos principales de las bóvedas analizadas. El dibujo, de los autores, muestra en los perfiles interiores de las manchas la forma real del intradós de los diversos arcos, y esas manchas se han obtenido por simple selección de zonas de puntos que corresponden a cada uno de ellos a partir de la nube de puntos general.

grupos). Los levantamientos preparados para esta comunicación han permitido determinar que en Lincoln las secciones medias de las estrellas, es decir, los cortes practicados por planos verticales que pasan por los puntos que dividen en cuatro partes los lados de la planta, son rectas horizontales (sección A de esta bóveda en la figura 5) La sección B, por los ejes de la planta, y la sección por la diagonal D se condicionan mutuamente: el punto central es el mismo, y otros laterales están ligados por las rectas horizontales mencionadas. Pero B es un arco apuntado sencillo, y D una especie de óvalo tortuoso, lo que indica que el diseño no pudo comenzar por los ojivos. Todo esto sugiere que en Lincoln el trazado comenzó por los arcos apuntados dispuestos sobre los ejes de la planta, que establecen la cota de los nervios horizontales que hacen de ligaduras de las estrellas, y que unos y otros obligan a los ojivos a adoptar una directriz más complicada. La solución es semejante a la empleada en las naves de muchas catedrales inglesas, en las que el rampante longitudinal es horizontal y determina el trazado de los restantes nervios, pero no se volverá a repetir en los ejemplos analizados.

Significativamente, en Santiago de Compostela, con la misma planta que en Lincoln, el elemento que gobierna el trazado de la bóveda es el ojivo semicircular dispuesto sobre la diagonal de la planta, uniendo dos vértices opuestos. Por el contrario, en los Jerónimos de Lisboa, lo que condiciona la disposición espacial de la bóveda son los arcos transversales dispuestos entre las estrellas, también semicirculares, mientras que el nervio que encontramos en el plano de simetría longitudinal de la bóveda parece ser un óvalo de tres centros.

Las bóvedas de Santoña se han puesto en relación con los Jerónimos de Lisboa (Gómez Martínez 1998), pero su configuración geométrica es bien diferente, pues las piezas cántabras presentan arcos perimetrales de un solo tramo, de manera que los arcos transversales no arrancan del plano de impostas y son rebajados. Pero, si en la bóveda de seis estrellas de Santoña los arcos transversales no son semicirculares, sí lo son, curiosamente, los ojivos que parten de los vértices de la planta. Ahora bien, se trata de unos ojivos singulares, pues debido al empleo de seis estrellas no se disponen en la diagonal de la bóveda, sino que unen los vértices de un cuadrado formado por cuatro de las estrellas. Por esta razón, su punto más alto no coincide con una clave, pero en caso de acercarse paralelamente se situaría en el centro de la bóveda, que no presenta una clave en el caso que nos ocupa. Resulta sorprendente comprobar que tanto en los Jerónimos como en Santoña, estos arcos que determinan la forma, los transversales en el primer caso y los ojivos especiales del segundo, se han diseñado más gruesos que el resto. En ese sentido hay una semejanza conceptual que, si es deliberada, supone un extraordinario dominio de la geometría del espacio (figura 6).

En Orneta, Sevilla, Niebla y Salamanca son los ojivos semicirculares, u ovales en el último ejemplo, los que dan forma a la bóveda. En estos casos, todos con arcos perimetrales semicirculares o incluso ligeramente apuntados, el diseño es más sencillo, puesto que se adaptan a la forma más o menos redondeada de una bóveda baída. La de la catedral de Murcia, de reducido tamaño, no presenta ojivos diagonales ni rampantes que permitan el control, pero la forma es aproximadamente la de una vaída. Los nervios no son verticales, puesto que adoptan una posición perpendicular a la superficie de la bóveda, y por eso aparecen curvados en la ortofoto de la planta. Por todo ello, y por lo señalado en la nota 2 en cuanto a la datación, es un caso dudoso.

Las de Lidzbark Warminski, del siglo XV y las de Saint-Eustache de París, construidas entre 1532 y 1633, son muy semejantes a pesar de la diferencia temporal y estilística (figura 3 abajo), y se distinguen de las anteriores en que las filas de dos estrellas están pensadas para poder continuar indefinidamente, aunque en la práctica se desarrollen en solo tres o cuatro tramos. Ambas presentan una desviación en planta, pero muy especialmente la de Saint-Eustache. En esta, es evidente que se ha querido desviar el eje de la nave, pero esto se ha hecho de manera casi imperceptible para el espectador, quizá precisamente por lo lleno de la trama de nervios.

Si tuviéramos en cuenta únicamente los arcos perpiaños transversales, que en cada una de estas dos bóvedas son iguales, y la sección longitudinal, que en ambas es una recta horizontal, la forma general en los dos casos sería de cañón; la disposición de las estrellas permite añadir lunetos a ese cañón. Las secciones longitudinales por los ejes de las estrellas individuales también son rectas horizontales, situadas a la altura que determina el trazado de los perpiaños mencionados. La estrategia espacial es la misma en ambas bóvedas. Sin embargo, en Saint-Eustache los elemen-

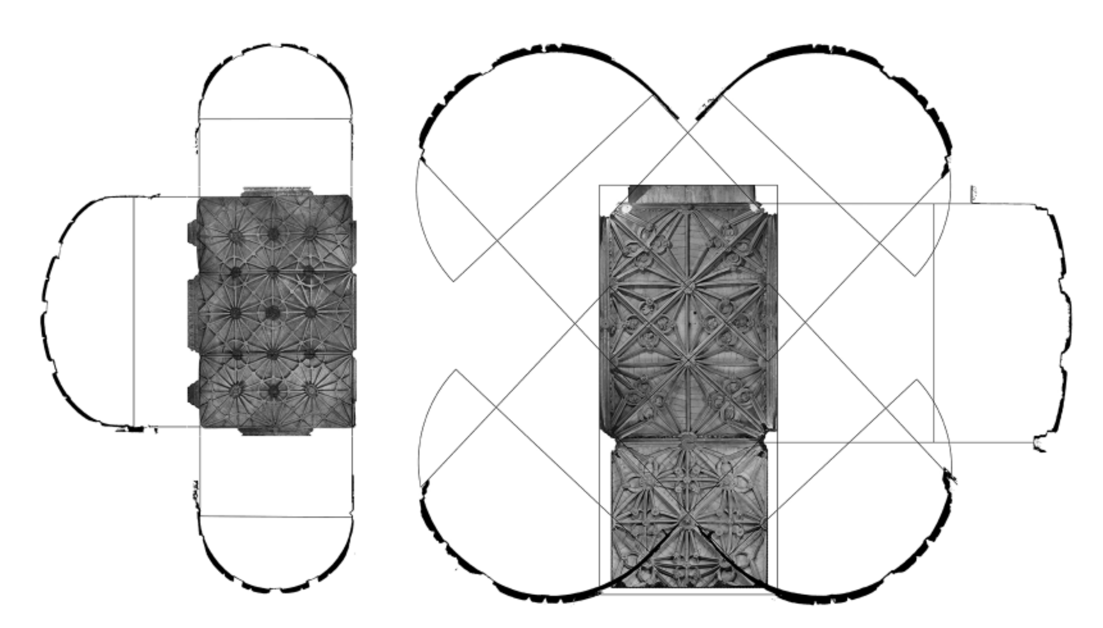


Figura 6
Ortofotos de las bóvedas analizadas de Santoña y Lisboa, con abatimiento de los arcos principales. (Imagen de los autores)

tos son clásicos y muy cuidados; Norval White (1991, 28) señalaba que en esta iglesia, considerada como renacentista por la historiografía tradicional, los zapatos, el cinturón y la corbata son clásicos, dando a entender que el resto de la indumentaria del edificio es gótica. En cualquier caso, los perpiaños que separan las estrellas son de trazado semicircular peraltado y los diagonales que abarcan dos estrellas, aunque ovales, se aproximan mucho a la elipse que resultaría de seccionar un cañón de directriz semicircular.

Conclusión

En todos los ejemplos que hemos examinado se adopta en primer lugar un esquema en planta bien conocido, propio de una sucesión de bóvedas. Pero se adapta el esquema en planta a un volumen espacial único. La planta y la disposición espacial son así independientes. Lejos de entender que este rasgo corresponde al gótico degenerado, como probablemente pensarían los discípulos de Viollet-le-Duc, para los autores de esta comunicación los procedimientos empleados revelan un elevado grado de madurez de los procedimientos geométricos, característicos del gótico tardío, que aprovecha hasta sus últimas consecuencias la flexibilidad y versatilidad de la técnica constructiva de las bóvedas de crucería. Una red de nervios puede adquirir uno u otro volumen dando a las claves la altura conveniente. Ahora bien, para obtener estos resultados sofisticados es ventajoso apoyar el procedimiento geométrico en un elemento director, ya sean los nervios horizontales de Lincoln, los ojivos diagonales de Santiago, los ojivos no diagonales de la bóveda de seis estrellas de Santoña, o los transversales de Lisboa y París, que controla todo el sistema, condicionando la disposición de los restantes elementos.

En conclusión, la imagen de estas agrupaciones de varias estrellas se ha tenido que transmitir a través del tiempo y el espacio de una manera o de otra, pero el procedimiento para llevarla a la práctica es distinto en cada caso. Es cierto que encontramos similitudes entre unas y otras, como en el grupo que ofrece una forma aproximada de bóveda vaída, o entre Lidzbark Warminski y Saint-Eustache; en particular, en el caso de Los Jerónimos y Santoña la semejanza conceptual es particularmente interesante. Pero precisamente la distancia espacial y temporal entre estos ejemplos, sugiere que no existe una transferencia de conoci-

miento directa, lo que podíamos denominar evolución divergente, sino que ante un mismo problema se han encontrado soluciones similares, por evolución convergente. Probablemente, todo esto se debe al carácter cerrado de la organización gremial medieval y la tendencia al secreto, ejemplificado en los conocidos estatutos de Ratisbona (Frankl 1945; Shelby 1977), o las cuadrillas que juegan este papel en Castilla (Alonso 2009). Resulta fácil captar la imagen de agrupación de varias estrellas, que en muchos casos sería propuesta por los propios canteros como muestra de virtuosismo, o demandada por los comitentes, con frecuencia eclesiásticos que viajaban por Europa al cambiar de sede o asistir a cónclaves, concilios y sínodos; pero no es tan sencillo transmitir el procedimiento geométrico necesario para controlar la geometría de la bóveda de una forma precisa, o bien se considera que la experiencia propia y el dominio técnico permiten abordar el trazado solo a partir de un esquema; esto es lo que explica la llamativa variedad de tanteos y soluciones para un mismo tema que hemos ido viendo a lo largo de estas páginas.

Notas

1. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento» (BIA2013–46896–P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Los autores desean agradecer a José Antonio Sánchez Pravia su asesoramiento sobre la bóveda estudiada en Murcia, y a los capítulos, párrocos y sacristanes de las iglesias visitadas su amable colaboración en la toma de datos. El estudio de las bóvedas de París ha sido posible gracias a la ayuda recibida por Enrique Rabasa de parte de la Fondation Maison des Sciences de l'Homme en 2017, y al valioso apoyo del historiador Georges Puchal.
2. Podría ser del XVI, pero Sánchez Pravia (2008) opina que las de esta zona son «falsos históricos» recientes. En tal caso podría tratarse de la reproducción de una anterior.

Lista de referencias

Alonso Ruiz, Begoña. 2009. El 'Arte de la Cantería' en Castilla durante el siglo XVI. En *El arte de la piedra*, editado por José Carlos Palacios Gonzalo y Alberto Sanjurjo Álvarez, 155–170. Madrid: CEU Ediciones.

Aramburu-Zabala Higuera, Miguel Ángel. 2000. La iglesia de Santa María de Puerto en Santoña. *Monte Buciero,* 5: 7–28.

Böker, Johann Joseph. 2005. *Architektur der Gotik. Gothic Architecture.* Salzburg: Verlag Anton Pustet.

Bücher, François. 1969. The Dresden sketchbook of vault projection. En *22nd International Congress on Art History*, 527–537. Budapest.

Bücher, François. 1979. Master WG. Introduction. En *Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Mediaeval Architects*, 195–200. New York: Abaris.

Codex Miniatus. 1560–1570 c. Cod. Vind. Min. 3. Oesterreiche Nationalbibliothek, Vienna.

Frankl, Paul. 1945. The Secret of the Mediaeval Masons. *The Art Bulletin,* 27 : 46–60.

Genin, Soraya. «Voûtes à Nervures Manuélines». Ph. D. diss., KU Leuven.

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Hammer, Hans. 1500 c. Schizzenbuch. Cod. Guelf. 114.1 Extrav. Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel.

Infante Limón, Enrique. 2016. La cabecera tardogótica de la parroquial de Santa María de Niebla (Huelva): una obra promovida por el arzobispo fray Diego de Deza. En *1514. Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*, editado por Begoña Alonso Ruiz y Juan Clemente Rodríguez Estévez, 237–248. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Kidson, Peter. 1994. Architectural History. En *A History of Lincoln Minster* editado por Dorothy Owen, 14–46. Cambridge: Cambridge University Press.

López-Mozo, Ana y Rosa Senent-Domínguez. 2017. Late Gothic asymmetrical diamond vaults in Spain. *Nexus Network Journal*. DOI: 10.1007/s00004–017–0337–9.

Martín Talaverano, Rafael; Carmen Pérez de los Ríos y Rosa Senent Domínguez. 2012. Late German Gothic Methods of Vault Design and their Relationships with Spanish Ribbed Vaults. En *Fourth International Congress on Construction History*, 31. Paris.

Nussbaum, Norbert y Sabine Lepsky. 1999. *Das gotische Gewölbe: eine Geschichte seiner Form und Konstruktion*. München: Deutscher Kunstverlag.

Rabasa Díaz, Enrique; Miguel Ángel Alonso Rodríguez y Elena Pliego de Andrés. 2015. Trazado de bóvedas en las fuentes primarias del tardogótico: configuración tridimensional. En *Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, editado por Santiago Huerta Fernández y Paula Fuentes, 1399–1408. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Rosende Valdés, Andrés A. 1999. *El Grande y Real Hospital de Santiago de Compostela*. Madrid: Electa.

Sánchez Pravia, José Antonio. 2008. El Claustro de la catedral de Murcia: del olvido a la reivindicación. En José

María Jiménez Cano (ed.), *Los imaginarios de las tres culturas*, Murcia: Ayuntamiento de Murcia

Senent Domínguez, Rosa. 2016. «La deformación del tipo. Construcción de bóvedas no-canónicas en España (siglos XVI-XVIII)». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Shelby, Lon R. 1977. Introduction. En *Gothic Design Techniques: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schmuttermayer*. Carbondale: Southern Illinois University Press. Original edition, 1976. The 'secret' of the medieval masons. En S., Hall B.; C., West D., ed., *On pre-modern technology and science. Studies in honour of Lynn White jr.* Los Angeles: Undena Publ., p. 201–219.

Villaamil y Castro, José. 1903. Reseña histórica de la erección del Gran Hospital Real de Santiago, fundado por los Reyes Católicos. *Galicia Histórica* 2.

Webb, Geoffrey. 1956. *Architecture in Britain : the Middle Ages* London: Penguin Books.

WG, Meister. 1560–1572. Steinmetzbuch. 8–494. Städelsches Kunstinstitut und Städtische Gallerie.

White, Norval. 1991. *The Guide to the Architecture of Paris*. New York: Charles Scribner's Sons-Macmillan.

Sistemas antisismo en la arquitectura histórica de fábrica

Enrique Ramírez Sánchez

Desde sus orígenes, el ser humano ha buscado la manera de enfrentarse a la fuerza destructiva de uno de los fenómenos naturales más impredecibles e implacables: los terremotos.

A pesar de un desconocimiento total de los mismos, en el que aún resultaban incomprensibles sus causas y efectos, las condiciones que imponía esta realidad cambiante sobre la arquitectura fueron moldeando a base de prueba y error los conocimientos sobre esta materia. Teniendo como única fuente de información el discernimiento que genera la propia experiencia, esta «inteligencia sísmica» fue expandiéndose y asentándose por el territorio, a medida que iban registrándose este tipo de episodios en las zonas de mayor riesgo sísmico.

Con una frecuencia más o menos regular, las técnicas de construcción fueron desarrollando determinadas normas y sistemas dentro de un proceso pausado pero constante, y que algunos autores (Coburn y Spence 1992) definieron como «darwinismo arquitectónico», dada la similitud con la teoría de la selección natural de las especies de Charles Darwin. Como resultado, el desarrollo de la arquitectura en zonas de gran riesgo sísmico ha dejado sobresalientes casos de éxito frente al sismo, manteniéndose en pie durante siglos gracias a su excelente comportamiento constructivo y estructural frente a los terremotos que han ido haciendo acto de presencia.

Sismología, zonas sísmicas y terremotos históricos

La inquietud por dar respuesta a las causas y mecanismos de los terremotos es tan antigua como el propio ser humano. Distintas civilizaciones han dejado constancia de movimientos sísmicos a lo largo de la historia, algunos de ellos con 3.000 años de antigüedad, como los encontrados en distintos escritos en China o distintas crónicas de griegos y romanos, en las que se relatan los daños provocados por los terremotos en distintas ciudades de la época.

No fue hasta la llegada del siglo XX cuando se desarrolló científicamente una rama de la Geofísica, la Sismología, encargada de arrojar luz a las causas que originaban los terremotos a través del estudio de la estructura interna de la Tierra, los movimientos de las placas tectónicas y los movimientos telúricos.

Ante este vacío de conocimiento sísmico científico durante tantos siglos, resulta oportuno detenerse en los casos de éxito frente a sismos, auténticos «ensayos experimentales» en los que se probaban soluciones estructurales reales e intuitivas ante situaciones eventuales. Dicho proceso se apoyaba además en dos realidades más: la aparición de terremotos durante los largos procesos de construcción y el conocimiento sísmico previo al inicio de las obras.

Toda esta información, contrastada y complementada con la fecha de construcción, las zonas de riesgo sísmico (figura 1) y las fechas de los terremotos próximos a la ubicación de las construcciones, conforma un con-

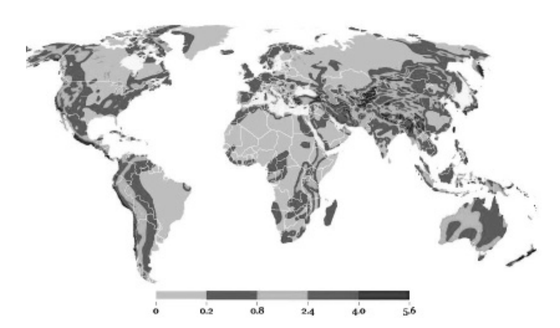


Figura 1
Mapa de riesgo sísmico en el mundo (Global Seismic Hazard Program)

texto idóneo para extraer conclusiones de tipo constructivo y estructural, y determinar así las razones formales de su geometría, que en muchos casos permanecen ocultas tras decenas de siglos de existencia conviviendo con los efectos destructivos de los seísmos.

Principios constructivos antisísmicos en la arquitectura de fábrica

Para entender el comportamiento constructivo y estructural del patrimonio histórico de fábrica levantado en zonas de gran riesgo sísmico, debemos atender no sólo a la geometría y a un análisis estructural descontextualizado, sino también a la técnica constructiva empleada y su ejecución, las uniones entre los distintos elementos arquitectónicos, los materiales empleados y la calidad de su estructura muraria.

Las diferentes soluciones antisísmicas fueron evolucionando como respuesta a una amenaza común como son los terremotos, respetando normalmente unos principios básicos presentes en todo momento en las construcciones tradicionales levantadas por los maestros constructores en territorio sísmico. Algunos de estos principios, no exentos de matices y alternativas constructivas, serían el de simetría, ligereza, armonía estructural, elasticidad, solidez y aislamiento sísmico (Kirikov 1992).

Cada uno de estos aspectos presenta peculiaridades en lo referente al diseño estructural antisísmico derivado de ellos, sirviendo en muchas ocasiones como punto de partida para muchas de las decisiones constructivas adoptadas cuando la tierra ponía a prueba la estabilidad de las obras de fábrica.

Sistemas antisísmicos en la arquitectura de fábrica

La arquitectura de fábrica, omnipresente hasta mediados del siglo XIX, representa uno de los sistemas constructivos más empleados hasta la aparición y consolidación del hormigón armado y el acero. Tener en cuenta los posibles estados de fisuramiento y agrietamiento de las construcciones se convirtió pronto en una necesidad a la hora de trabajar con elementos de fábrica, teniendo como principal meta la estabilidad final de la estructura frente a las acciones dinámicas horizontales, propias de los episodios sísmicos. En este sentido, uno de los elementos que acaparaban la atención de los maestros constructores de la antigüedad era resolver correctamente la continuidad y elasticidad de ciertos elementos, consiguiendo así que, a nivel de absorción de energía, se permitiese cierto grado de libertad de movimiento en el conjunto, cualidad principalmente conveniente como medida antisísmica en lo que respecta a las cubiertas (Bazán y Meli 1999).

Antecedentes y evolución.

El conocimiento de alguna de las civilizaciones más importantes de la Antigüedad ha sido posible gracias en gran parte a la enorme racionalidad sísmica que presentan sus construcciones.

Entre todas ellas, posiblemente sean las pirámides egipcias el más rotundo ejemplo de racionalidad sísmica, aunque aparentemente pueda entrar en conflicto con uno de los principios más primarios en lo que se refiere a resistencia antisísmica: el aligeramiento del peso de la estructura. Sin embargo, los constructores egipcios, no sólo obviaron este principio tan básico, sino que lo llevaron a su máxima expresión en relación a su peso y tamaño, respondiendo en cualquier caso a otros principios antisísmicos, como el de simetría o la proximidad de su centro de gravedad al suelo. Además, para aportar ductilidad al conjunto, los constructores egipcios recurrieron a una solución antisísmica que en cierto modo sustituía al empleo de mortero (ausente en la práctica totalidad de sus construcciones), gracias a la utilización de «grapas» que se encajaban en la cara superior de dos piedras adyacentes para atarlas y evitar su desplazamiento. Con el paso de los siglos, su desarrollo en los templos egip-

cios evolucionó en sistemas similares, con distintas disposiciones, materiales y formas de las ranuras.

Por su parte, la arquitectura griega desarrolló su propia construcción antisísmica, principalmente tomando medidas en favor de la ductilidad de sus conjuntos arquitectónicos. Es el caso del uso de clavijas y grapas de hierro selladas con plomo para atar los enormes bloques de piedra (figura 2), o la colocación de elementos de madera resinosa en el centro de las grandes columnas, flexibilizando el comportamiento de este elemento vertical y absorbiendo energía en caso de sismo (Stiros 1995).

En este sentido, las medidas antisísmicas desarrolladas por los griegos a la hora de plantear la cimentación minimizaban en muchos casos el contacto directo con el terreno, gracias a la disposición de una capa fina de arena entre el suelo y el edificio, lo cual permitía cierto deslizamiento en el transcurso de un terremoto. La racionalidad sísmica llevada a cabo en las cimentaciones griegas queda patente con distintas variantes que parten de este principio, como el uso de barras de madera para conectar la cimentación con los muros o el tratamiento gradual de distintas capas de cimentación (figura 3). Se introducen así materiales como la arcilla, la madera o piedras de distintos tamaños para recibir los cimientos de las construcciones, absorbiendo de esta manera la energía sísmica producida (Canet y Barbat 1988).

Sin embargo, y a la vista de la situación de ruina, cabría señalar el factor decisivo que supuso el enorme peso de los techos empleados, con bloques de gran tamaño que, en muchos casos, supusieron la diferencia entre la estabilidad y el colapso ante la aparición de movimientos sísmicos importantes.

Al igual que ya sucediese en la época de expansión griega, los romanos asimilaron gran parte del legado constructivo de los pueblos conquistados, erigiendo en algunos casos construcciones basadas en la construcción en seco o el uso de conectores en forma de grapas o clavijas. Sin embargo, la aparición del hormigón (opus caementicum) y el uso extendido del arco y la bóveda (de cañón y semiesférica), mejoraron notablemente el comportamiento sísmico de las construcciones. Los edificios romanos destacaron so-

Figura 2
Abrazaderas y clavijas del muro del Partenón (Stiros 1995)

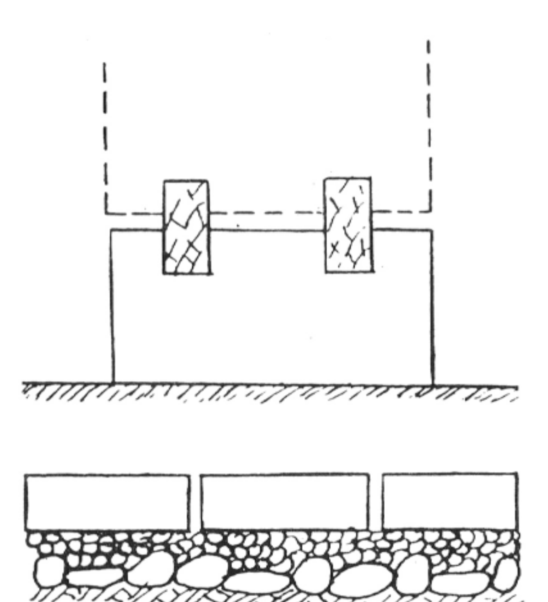


Figura 3
Conectores de madera del Templo de Ponticapéa. Capas de cimentación del Templo de Chokrak (Kirikov 1992)

bre todo por su gran rigidez, así como la independencia que ofrecían las cimentaciones respecto a elementos portantes y no portantes. Este nuevo enfoque estructural de las cimentaciones se traduce en un exhaustivo análisis del terreno, levantando en muchos casos enormes subestructuras para mejorar la resistencia del edificio en situaciones de terremoto.

Sin embargo, es en este periodo cuando se impone el uso de dos elementos conflictivos desde el punto de vista del sismo: las cúpulas y bóvedas. Su complejidad formal y de distribución de cargas soportadas, unido al importante hándicap que representa su rigidez, peso, y el hecho de elevar el centro de gravedad de la estructura forzó a un constante aligeramiento y flexibilización a lo largo de los siglos. Es el caso de distintas soluciones que contemplaban el relleno con materiales ligeros para minimizar los empujes producidos, como toba volcánica o piedra pómez, la incorporación de nichos o el uso de casetones.

El imperio Bizantino supuso de manera práctica una continuación de la cultura y tradiciones romanas. Para responder al desafío que planteaba el uso de bóvedas y cúpulas, los bizantinos desarrollaron el sistema de bóvedas cruzadas, el cual satisface en gran medida los requerimientos de estabilidad en condiciones de seísmo, cumpliendo de igual modo el principio antisísmico citado anteriormente, con el que se asegura la correcta conexión entre los sistemas resistentes verticales y horizontales (Kirikov 1992).

El desarrollo de un tipo de muro propio en las construcciones bizantinas, ejecutado a base de ladrillos y con la novedad que suponía la aparición de grandes capas de mortero (superando en muchos casos el espesor del propio ladrillo), favoreció la deformabilidad en caso de seísmo, otorgando una óptima ductilidad gracias a su módulo de elasticidad considerablemente bajo. Este mortero, si es que puede llamarse así por su composición, presentaba en las cúpulas un árido muy grueso constituido en parte por fragmentos de ladrillos, aligerando con ello la estructura y posibilitando en esta etapa la obtención de espacios de mayor altura con respecto a los antecedentes estilísticos previos (Moropoulou et al. 2002).

Asimismo, es importante señalar el importante papel que jugó el arco como elemento rigidizador en esta etapa, ya fuese para unir y arriostrar pilares con muros interiores y exteriores o bien para atar techos abovedados al perímetro murario, como en el caso de las cisternas de agua (figura 4), evitando así el desplazamiento horizontal característico en situaciones de sismo.

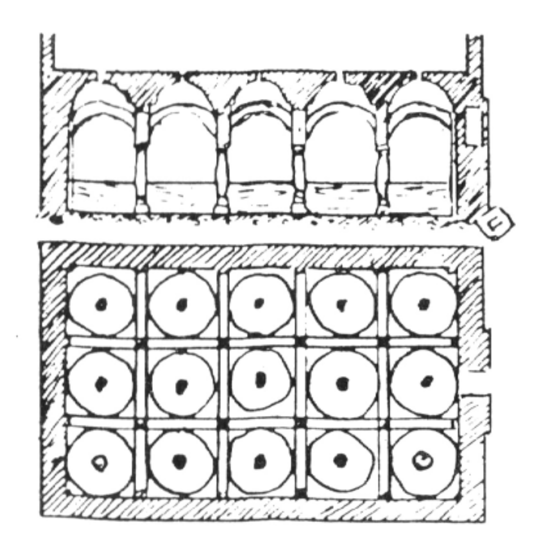


Figura 4
Cisterna bizantina (Kirikov 1992)

Arquitecturas precolombinas

Las culturas predominantes de la América precolombina desarrollaron una racionalidad sísmica sobresaliente en una de las zonas más activas de la tierra. Las técnicas de construcción empleadas por pueblos como los aztecas, los mayas o los incas, reflejaron esta realidad que influyó no sólo en sus creencias y modo de vida, sino también en su construcción.

Una de las analogías más evidentes, es la que presentan culturas tan alejadas como la maya o azteca con la egipcia, principalmente en una de las tipologías más representativas de esas arquitecturas: sus pirámides. Gracias a su satisfactorio comportamiento antisísmico, las pirámides permitían la estabilidad que los constructores demandaban en un edificio de esa trascendencia. Además, en algunos casos, como los de Kukulkán o Teotihuacán, se reducía sustancialmente su vulnerabilidad en condiciones de sismo, bajando aún más su centro de gravedad respecto a la tierra, al tratarse de pirámides con menor esbeltez y altura.

Al igual que ya hicieran otras civilizaciones, como la egipcia, los constructores precolombinos incorpo-

raron medidas de cara a fortalecer uno de los puntos más vulnerables en un edificio: la esquina. Gracias al uso de grandes bloques de piedra con forma de L (en planta), se conseguía doblar la esquina y abrazar las hiladas superior e inferior para atar el muro por esta zona tan expuesta. Con el mismo fin, fue recurrente el uso de «grapas» metálicas y de fábricas armadas con fibras naturales, incorporadas a los muros, y que en el caso Sudamericano (hechos de cobre o plata) cumplían a la perfección su objetivo al tratarse de metales de gran ductilidad.

De igual forma, la construcción con grandes bloques de piedra llevó a una técnica de corte parecida a la desarrollada en Egipto, en las que se realizaban bloques poligonales con múltiples caras encajadas prácticamente al milímetro, consiguiendo muros de una extraordinaria complejidad y riqueza capaces de sobrevivir a varios siglos de terremotos en una de las zonas de mayor riesgo sísmico.

Gótico

El estudio de las construcciones góticas no podría analizarse como tal sin tener en cuenta una de las tipologías más extendidas y que desarrollaron una mayor técnica constructiva: las catedrales. El estudio de la arquitectura gótica y el análisis de sus detalles constructivos (figura 5), tal y como ya hiciese Viollet-le-Duc (1967 [1858–68]), ayudan a comprender la optimización llevada a cabo por los constructores medievales de cara a reducir la vulnerabilidad sísmica de estas obras.

Si bien es cierto que los edificios de esta época son mucho más ligeros que sus predecesores del románico, hay que señalar también que las características constructivas y estructurales del gótico tuvieron un desarrollo geométrico y estructural muy distinto en zonas de alta peligrosidad sísmica, donde este tipo de esqueletos, más bien poco resistentes a terremotos, presentaba una alta vulnerabilidad sísmica. Esta realidad, presente en los distintos tipos de catedrales repartidas por la península ibérica, nos muestra cómo los principales templos góticos del sur y el levante español se erigen con una serie de puntos en común entre ellos (figura 6): el uso de geometrías compactas, sensiblemente rectangulares, oscuras y sin apenas vidrieras, y con sus cubiertas planas o presentando su extradós sin cubrir. Este tipo de cubierta

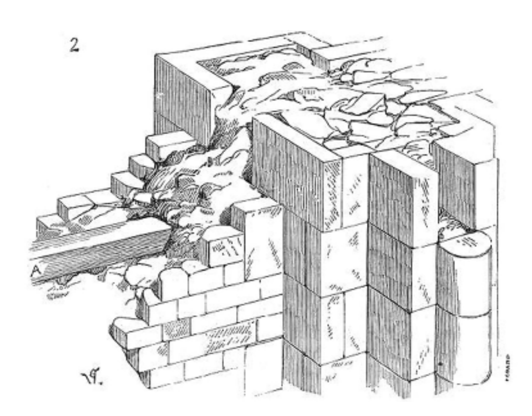


Figura 5
Configuración constructiva de muro (Viollet-Le-Duc [1858-68])

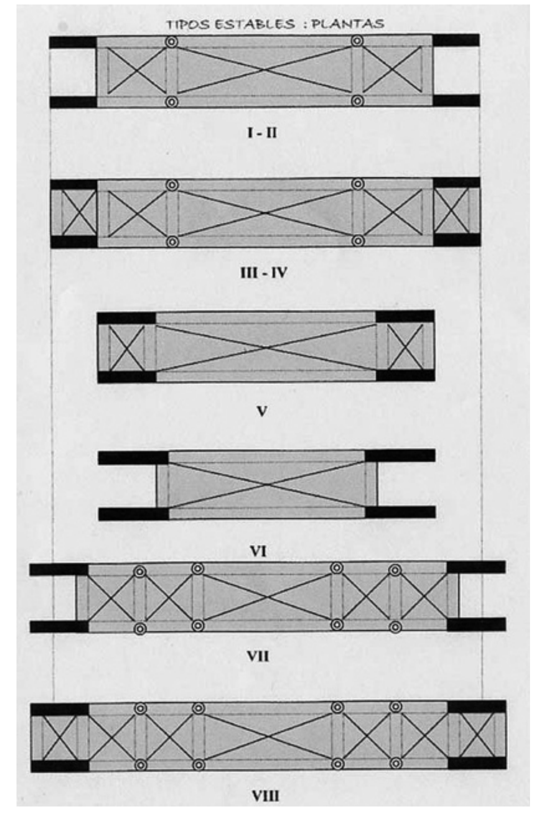


Figura 6
Tipos estables de esqueletos góticos. (Cassinello 2005)

favorece el comportamiento unitario de la estructura y esconde a su vez un sistema de aligeramiento adoptado en casos como en la Catedral de Sevilla, donde se descubrió la existencia de bóvedas superpuestas en alguna de las capillas y el uso de sistemas de enjarrado para reducir el peso propio de la estructura y potenciar así su estabilidad (Cassinello 2005). Estas peculiaridades la llevaron a ser exportada a construcciones de tanta relevancia como la Catedral de Santo Domingo, erigida en una de las zonas de mayor riesgo sísmico del «Nuevo Mundo». Pero no es el único caso de éxito en Sudamérica: la catedral de Lima (Perú), la de Puebla (México) o la de Cuzco (Perú) son algunos de los numerosos ejemplos americanos que presentan una notable racionalidad sísmica, fruto en muchos casos de la extendida construcción basada en el método de prueba y error.

Otro de los aspectos fundamentales entre todas las medidas antisísmicas de los edificios góticos (figura 7), es el tratamiento de las columnas. Es el caso de las columnas «mixtas», las cuales presentan una configuración análoga a la de muchos muros medievales, con un «anillo» sólido de piedra y un núcleo central de mortero de cal y ripios o fábricas de menor tamaño, lo cual da lugar a núcleos menos resistentes pero más compresibles y con grandes ventajas de cara su comportamiento antisísmico (Cassinello 2008).

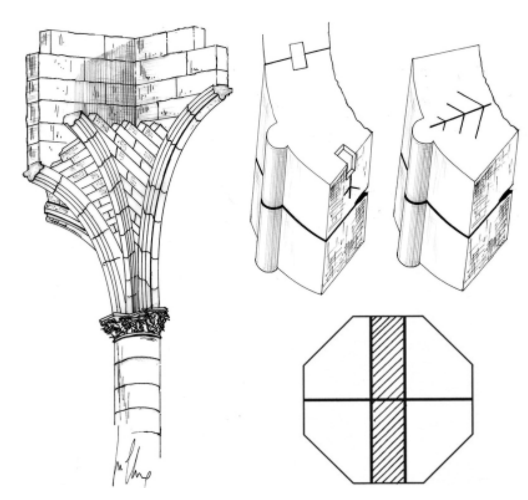


Figura 7
Enjutas de la Catedral de Sevilla. Aberuadores. Pilar de Sta. María del Mar (Cassinello 2008)

Cabe destacar además el papel decisivo de las juntas de mortero, no sólo por el tipo de mortero empleado, sino también por su disposición constructiva y espesor de junta, muy delgado para los entramados murarios y considerablemente más grueso para las bóvedas y cúpulas. Como práctica singular, en algunas obras góticas del gótico mediterráneo español se implementó un tipo característico de junta de mortero, el aberuador, consistente en la talla de canales estrechos, de 1-2 cm, en las caras de los bloques de piedra, obteniendo un mortero de unión oculto que permitía prescindir de grapas de atado metálicas, como ya hicieran culturas anteriores, y evitando así la oxidación de las mismas con el paso del tiempo. Pero no sólo eso, ya que el empleo de mortero de cal como argamasa en este tipo de juntas, provocaba una dureza progresiva con el paso del tiempo mediante carbonatación (Cassinello 2008).

Pero sin duda, uno de los aspectos más intrigantes en el funcionamiento antisísmico de las grandes construcciones góticas es su cimentación, oculta en la mayoría de casos. El óptimo comportamiento de las construcciones góticas ubicadas en zona de alto riesgo sísmico plantea interrogantes acerca de las cimentaciones empleadas en ellas. Y es que, aunque en muchos casos se erigieron sobre ruinas o edificios de tipologías diferentes, los misterios que rodean a esta parcela del conocimiento mantienen aún sin desvelar cuestiones relativas a la sobresaliente estabilidad de los edificios históricos de fábrica.

Arquitectura Islámica

En cierto modo, la arquitectura islámica recoge el testigo antisísmico desarrollado por los bizantinos con anterioridad en muchas de sus construcciones. El uso extendido de tirantes para arriostrar la estructura de sus edificios, extendido por el Imperio bizantino, o la expansión de entramados murarios de atado, mediante arcos enjutados, se expande desde el Mediterráneo hasta Bangladés, reproduciendo su réplica no sólo en la arquitectura omeya, sino también en la fatimí y la abasí, como se manifiesta en el método de atado presente en los arranques de los arcos de ciertas zonas de culto islámico (Arce 1996).

Para comprender mejor los aspectos constructivos de la arquitectura islámica, resulta imprescindible conocer el funcionamiento de su tipología más caracte-

rística, la arquitectura religiosa, y cómo se busca la obtención de espacios a una misma altura, delimitados por cubiertas planas o inclinadas, y generando volumétricamente lo que con anterioridad hemos denominado estructura de «caja», en la que todos los elementos funcionan de manera unitaria frente al sismo.

La mezquita hipóstila, sostenida por un gran entramado de columnas y arquerías que se repiten bien de manera paralela a la quibla (modelo sirio) o bien perpendicularmente a ella (modelo Al-Aqsa) consta en ocasiones de dos niveles, presentando doble número de intercolumnios en el nivel superior, y otras veces, con arcos entrecruzados o distintas soluciones de arriostramiento, como la interposición de niveles intermedios, garantizando así la estabilidad del conjunto y de sus esbeltos pilares.

Por su parte, la tipología de cuatro iwanes experimentó una gran difusión y aceptación dentro del mundo islámico, convirtiéndose en planta para aljamas, palacios, mezquitas conventuales, colegios, fortalezas o alojamientos de caravanas comerciales y edificios de abastecimiento. Dada la singularidad de esta tipología y las solicitaciones demandadas por los alfices de las fachadas de estos iwanes (figura 8), resultaba fundamental atender a su estabilidad estructural, resuelta en muchos casos mediante tirantes y contrarrestados por las propias nervaduras de los arcos entrecruzados de las bóvedas que cubrían el propio iwan (Ortega 1998), como en la Mezquita Real del Shah, de Isfahán.

Por lo que respecta al desarrollo de la arquitectura indo-islámica, presente en Pakistán, la India y sus zonas de influencia, merece la pena señalar las peculiaridades que caracterizan a este tipo de construcciones, en las que se incorporan elementos autóctonos a los consabidos rasgos de la arquitectura islámica. En estas estructuras, la cúpula, el arco y el minarete son características fundamentales y prácticamente omnipresentes, respetando uno de los principios básicos de la arquitectura antisísmica gracias a una de las características volumétricas más importantes: la simetría. Además, son frecuentes las grandes puertas de acceso a los templos o a las ciudades, y que en muchos casos representan con su estructura el modelo de «caja», arriostrada, contundente y efectiva contra el sismo gracias al enjutamiento que presentan estas construcciones.



Figura 8
Mezquita del Shah, Isfahán (Pascal-Xavier Coste)

Amnesia sísmica: mutilación de los sistemas antisísmicos

En el transcurso de un terremoto, la fortaleza de un edificio para soportar las potentes sacudidas de un sismo depende no sólo de la tipología constructiva del mismo, sino también de las reparaciones e intervenciones realizadas con posterioridad en las tareas de restauración, así como la cultura antisísmica de las poblaciones en la que se construye, ubicadas en territorios en los que el sismo ha sido siempre una realidad recurrente.

Es común observar cómo la mayoría de daños causados por los terremotos sobre el patrimonio histórico han venido provocados no sólo por el insuficiente conocimiento antisísmico de los sistemas constructivos existentes, sino también por el escaso reflejo de los mismos en la normativa antisísmica, centrada más en cuestiones «contemporáneas» que en intentar respetar, reparar y potenciar estos sistemas constructivos autóctonos, los cuales se han revelado manifiestamente efectivos con el paso de los siglos frente a una amenaza global como los sismos. De esta forma, las regulaciones antisísmicas actuales devalúan en cierto modo estos sistemas tradicionales, sin ni siquiera suplirlos de manera efectiva en las nuevas normativas.

Para ilustrar esta triste realidad, la mezquita de Golcuk (Turquía) podría ser un excelente ejemplo, erigiéndose como el paradigma entre la cultura sísmica antigua y la actual. Sobreviviendo a un paisaje desolador y completamente destruido en el terremoto de 1999, con más de 6.000 fallecidos, esta mezquita



Figura 9
Mezquita de Golcuk, Turquía (The New York Times)



Figura 10
Colapso de la bóveda de S. Francisco de Asis tras el terremoto de 1997 (Umbria Journal)

de Golcuk se mantuvo en pie gracias a su efectivo funcionamiento antisísmico (figura 9). Con su geometría compacta y rectangular, y una retícula interior ortogonal, revelada al exterior con la aparición de las pequeñas bóvedas circulares, la mezquita se comporta estructuralmente como una malla que arriostra el total de la volumetría, definiendo asimismo una serie de módulos interiores que permiten la deformación del conjunto sin llegar al colapso.

Por todo ello, resulta urgente mantener viva la memoria sísmica presente en la arquitectura vernácula y tradicional, no sólo conservando los sistemas antisísmicos existentes en la arquitectura de fábrica, sino también analizando e implementando los principios que los rigen en el resto de construcciones ubicadas en zona de alta peligrosidad sísmica.

Influencia de la restauración sobre el Patrimonio ubicado en zona sísmica

El 26 de septiembre de 1997 un fuerte sismo con su correspondiente réplica hizo temblar la basílica ubicada en la población de Asís, en la Umbría italiana. Los daños provocados fueron notables, causando profundas grietas en todo el templo y el derrumbe de la bóveda principal en dos puntos (figura 10), desencadenado en gran medida por una restauración previa de cuestionable eficacia para situaciones de terremoto. El empleo de hormigón para intentar fortalecer la bóveda de la Basílica, rigidizó en exceso el comportamiento del edificio frente a sismos, encorsetando estructuralmente la cubierta. La consecuencia inmediata fue la acentuación de las fuerzas horizontales que aparecieron durante el sismo, provocando el impacto progresivo de la piedra entre sí, aumentando con cada sacudida y produciendo en última instancia el colapso de la bóveda original.

Pero la destrucción no se limitó exclusivamente al plano arquitectónico y de vidas humanas, sino que además destruyó parte de los frescos pintados por Giotto en el interior de la basílica. Entre todos los frescos resulta sorprendente encontrarse con el titulado como «El sueño de Inocencio III», del año 1300, en el cual se representa al Papa Inocencio siendo testigo de una visión celestial que acabaría por convertirse en una verdadera profecía de lo que ocurriría en Asís (figura 11). En ella, aseguraba haber visto en sueños cómo estaba a punto de derrumbarse la basílica lateranense, casi como una premonición del daño que haría el empleo imprudente del hormigón armado como nuevo material de la restauración, principalmente en zonas de gran riesgo sísmico.

Afortunadamente, en la década de los ochenta se empezó a reflejar el rápido proceso de deterioro que

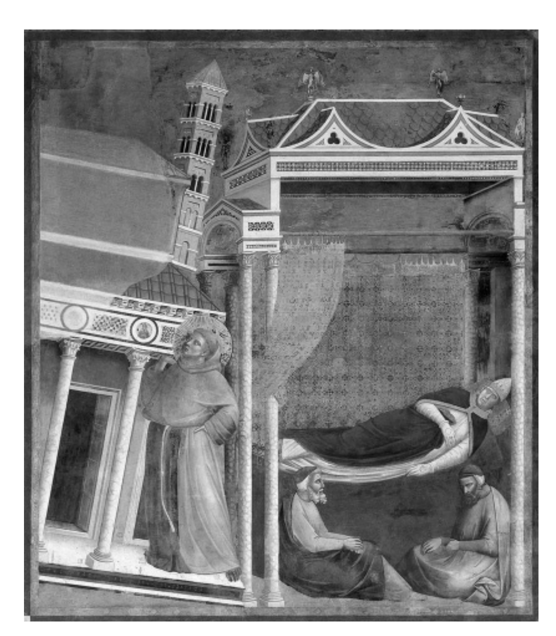


Figura 11
El sueño de Inocencio III (Giotto)

experimentaban las obras restauradas con hormigón armado, lo que hizo emerger movimientos críticos con la manera de intervenir en el patrimonio histórico. A partir de este momento la tendencia pasada se vio interrumpida por el afán de recuperar las técnicas tradicionales y analizar el comportamiento estructural de los edificios históricos ubicados en zona de gran peligrosidad, manteniendo su racionalidad sísmica y garantizando así la conservación de nuestra memoria e historia más reciente.

Conclusión

Los casos expuestos previamente, así como los resultados obtenidos y las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha, consolidan la hipótesis de la existencia de diversos sistemas antisísmicos en la arquitectura histórica de fábrica, presentando en muchos casos elementos constructivos comunes frente a una amenaza concreta y global como son los terremotos.

En este sentido, el contenido expuesto en esta comunicación forma parte de una investigación más amplia y aún en desarrollo, planteada en forma de tesis doctoral, y cuyos resultados permitirán visualizar de manera unitaria los sistemas y elementos antisísmicos en una arquitectura tan duradera y actual como es la arquitectura histórica de fábrica.

Lista de referencias

Arce, I. S. 1996. Elementos y sistemas constructivos antisísmicos en la antigüedad: Aplicación a la restauración de estructuras históricas. En *Ministerio de Fomento: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas*, 39-48. CEDEX.

Bazán, E. y Roberto Meli. 1999. *Diseño sísmico de edificios*. México: Limusa.

Canet, J. M. y Alex H. Barbat. 1988. *Estructuras sometidas a acciones sísmicas*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.

Cassinello, P. 2005. Racionalidad sísmica en la arquitectura ojival: Tipos estructurales y constructivos. En *Instituto Juan de Herrera*, vol.1, 249-258.

Cassinello, P. 2008. Mechanics and Construction of medieval columns. System against earthquakes of the Spanish Gothic Cathedrals. En *La colonne. Nouvelle Historie de la Construction*. Lausanne: École Polytechnique Fedérale de Lausanne. EPFL LTH3. PPUR presses politechniques.

Coburn, A. y Robin Spence. 1992. *Earthquake protection*. Chichester: John Wiley & Sons.

Kirikov, B. A. 1992. *History of earthquake resistant construction: Some pieces of writing on the history of earthquake resistant construction from ancient to our days*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Moropoulou, A.; A. S. Cakmak; G. Biscontin; A. Bakolas y E. Zendri. 2002. Advanced byzantine cement based composites resisting earthquake stresses: The crushed brick/lime mortars of justinian's hagia sophia. En *Construction and Building Materials* 16 (8): 543-52.

Ortega, F. 1998. *Historia de la construcción*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas.

Stiros, S. C. 1995. Archaeological evidence of antiseismic constructions in antiquity. En *Annals of Geophysics* 38 (5).

Viollet-Le-Duc, E. [1854–68] 1967. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI au XVI siècle*. Paris: F. de Nobele.

El ladrillo prensado y su uso en la construcción de las fachadas de ladrillo a la vista en Bogotá desde finales del siglo XIX hasta la tercera década del siglo XX

Sandra Catherine Rangel Cobos

El ladrillo es el material que más carácter e identidad ha dado a la arquitectura bogotana. Aunque su origen y aplicaciones tienen raíces españolas, su legado en la tradición arquitectónica bogotana toma forma y valor con el inicio de la producción tecnificada del material, y en especial, con la introducción del ladrillo prensado en la tarea edificatoria de la fábrica vista en fachada. Si bien la tradición del ladrillo en la arquitectura de esta ciudad cuenta con un sólido reconocimiento, tanto nacional como internacional, por la consolidada y continua identidad que el material ha impreso en el patrimonio edificado, es muy poco el conocimiento que se tiene sobre el material y sus técnicas en estas primeras etapas que dieron forma y soporte a esta valiosa tradición. Este trabajo presenta una aproximación al ladrillo prensado y a su uso en la configuración de los muros de fachada en ladrillo a la vista construidos desde la segunda mitad del siglo XIX, fecha en la que se da inicio a la producción tecnificada del material, hasta la finales de la segunda década del siglo XX, periodo en que las técnicas iniciales son progresivamente sustituidas por nuevas soluciones constructivas como los pórticos en hormigón con fábricas de cerramiento en ladrillo o las estructuras de muros de carga de poco espesor constituidas sólo por una hoja de ladrillos prensados.

Este periodo de tiempo está enmarcado dentro de lo que se conoce históricamente en Colombia como época «republicana», época de grandes cambios y transformaciones inicialmente impulsados por el rechazo a lo considerado antiguo o «colonial» y posteriormente promovidos por el deseo de innovación inspirados en las diversas imágenes y testimonios llegados de Europa y Norteamérica. La arquitectura bogotana conservaría durante las primeras décadas los materiales, técnicas y estilos heredados de la colonia, y solo vería los primeros cambios hacia finales del siglo XIX, cuando las nuevas tipologías arquitectónicas, el aumento de demanda de vivienda y los nuevos gustos estilísticos exigieron soluciones formales y constructivas acordes con las necesidades y gustos del momento. Los primeros profesionales foráneos, así como los nacionales formados en el extranjero, emplearon materiales y técnicas novedosas que les permitieron imprimir tanto el estilo neo-clásico que impero en las últimas décadas del siglo XIX, como el estilo ecléctico que se instauro en la arquitectura de la ciudad durante primera mitad del siguiente siglo. Muchas de las edificaciones construidas en la ciudad durante esta etapa hicieron uso del ladrillo prensado, pero son muy pocas las que existen hoy en día. Esta gran pérdida del patrimonio se debe principalmente al desconocimiento y poca valoración técnica que este tipo de inmuebles ha tenido, ya que su importancia material y constructiva no ha podido ser identificada como un factor relevante en su proceso de catalogación y protección.

LOS PRIMEROS TEJARES Y LA PRODUCCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

El ladrillo, entendido como una pieza regular de arcilla cocida empleada en la construcción, fue introducido en Colombia por los artesanos españoles envia-

dos a establecer las primeras poblaciones en el entonces conocido como Nuevo Reino de Granada. En Santafé de Bogotá, su capital, la producción de los primeros ladrillos comenzó pocos años después de su fundación, fechada en 1538. El alfarero Antonio Martínez fundó en 1543 el primer tejar de la naciente ciudad y estableció su punto de trabajo en terrenos ubicados en la periferia suroriental del casco urbano, zona a las laderas de los cerros donde abundaban los recursos necesarios para la fabricación de productos cerámicos. La tierra del piedemonte de los cerros orientales se caracterizaba por sus suelos arcillosos y húmedos, los cuales eran propicios para el crecimiento de gran variedad de árboles y arbustos, entre ellos el conocido como *chilco* o *chirca*, arbolito nativo de tronco grueso que sería empleado masivamente en la colonia como combustible para la cocción de materiales y alimentos. Para facilitar su labor los primeros tejeros establecieron sus áreas de trabajo sobre extensos terrenos donde crecían en abundancia los bosques de *chirca*, conocidos localmente como *chircales* (Simbaqueba 1958, 59), y con el tiempo este nombre fue apropiándose hasta convertirse en el término utilizado para referirse a todas aquellas instalaciones dedicadas a la producción artesanal de ladrillo y teja.

En el *chircal* se elaboraban tanto ladrillos (macizos y tablones) como adobes, tejas y baldosas. Los ladrillos macizos allí confeccionados tenían colores, formas y tamaños poco uniformes, ya que los métodos de producción empleados no favorecían la obtención de piezas más regulares y homogéneas. Estos mampuestos tenían dimensiones que podían variar de los 22.5x11.3x5.6cm a los 28.8x14.4x7.2cm, esto dependiendo de la vara de medir empleada por el artesano (Téllez y Moure 1982, 43). El ladrillo macizo tuvo un uso muy limitado y restringido en la construcción de la arquitectura muraría bogotana, ya que su precio era considerablemente elevado y su calidad relativamente baja. Por el contrario, el ladrillo de piso denominado *tablón* si llegó a contar con una participación generalizada en la construcción muraría de la arquitectura colonial. Esta pieza presentaba un mejor comportamiento y calidad gracias a que su reducido espesor facilitaba la adecuada compactación y cocción durante el proceso de elaboración. El *tablón* se fabricó en la colonia en dos formatos distintos: cuadrado, con dimensiones que oscilaban entre los 31 a 37 cm de lado por 3.7 a 5.5 cm de espesor, y rectangular, con medidas aproximadas de 31 a 37 cm de largo por 12.5 a 14 cm de ancho (Téllez, 23). A partir de la toma de medidas de numerosas piezas de ladrillo encontradas en muros y vanos (sin revocar) de diversas fachadas bogotanas establecimos que en su construcción muraría colonial hubo un extensivo, y casi exclusivo, uso de piezas de *tablón* rectangular con dimensiones que oscilaban entre los 33 a 35 cm de largo, 15 a 17 cm de ancho y 4 a 5 cm de espesor. Estos tablones se usaron ampliamente en la construcción de arcos, bóvedas, columnas y portales, y tuvieron un papel muy relevante en la configuración de las fábricas de mampostería mixta que se usaron en la ejecución de los muros en edificios de gran escala como iglesias, claustros, conventos, edificios administrativos y unas pocas edificaciones de uso habitacional. Dentro de la estructura muraría, se empleó este material para la conformación de las verdugadas y cadenas que daban forma y soporte a las fábricas de mampostería mixta, siendo por lo general la tapia y la piedra de labor o careada los materiales complementarios en la elaboración de los cajones. *Tablones* aplantillados y tallados a mano fueron usados de forma regular en la composición de los sencillos, pero elegantes, capiteles, columnas y cornisas que dieron forma al portal.

Los inicios de la industria ladrillera local

La confección de ladrillos a partir de técnicas artesanales fue un oficio tradicional que se desarrolló sin mayores innovaciones hasta bien entrado el siglo XIX. Las guerras de independencia, que dieron paso a la conformación de una nueva república a partir de 1810, generarían un cambio político, económico y social que no afectaría de forma inmediata la arquitectura y las técnicas constructivas empleadas en la ciudad hasta ese momento. Los primeros cambios en este campo se empezaron a sentir a partir de la primera mitad del siglo XIX cuando la iniciativa de formación de una industria nacional fomentó la implementación de novedosas técnicas de producción que permitieron tecnificar procesos que hasta el momento seguían siendo artesanales. En el campo de los materiales de construcción los cambios también llegarían para esta época, pero sus repercusiones reales no se verían sino hasta finales de siglo.

El primer intento de transformación y mejoramiento del material llegó a Bogotá en 1842, cuando

dentro del desarrollo de la primera Exposición de la Moral y la Industria, el D. Mariano Ortega exhibió una máquina para fabricar adobes, ladrillos, tablones y tejas, que prometía facilitar y acelerar las tareas de elaboración de productos de tierra y arcilla (Pavony 1999, 59). Un par de años después apareció en el escenario industrial el ingeniero D. José Pedro Aimé Bergerón, ciudadano francés quien solicitaría al estado una patente de privilegio para hacer uso de una «máquina para hacer ladrillo, tejas y adobe», la cual se le otorgó en 1845 (Mayor 2005, 29).

Aunque se desconoce el alcance que estos primeros dispositivos tuvieron en la producción local, es claro que su surgimiento hizo evidente la latente necesidad de conformar establecimientos más técnicos y especializados, capaces de producir materiales de una mejor calidad tanto física como mecánica, en menor tiempo. Con este objetivo nació la primera ladrillera tecnificada de la capital, la Fábrica de ladrillos Calvo, fundada en 1856 por D. José María Calvo Ortega. Este establecimiento contó desde 1886 con máquinas importadas que permitieron la obtención de ladrillos más regulares, uniformes, con superficies y aristas bien definidas. Sus modernas instalaciones incluyeron hornos técnicamente diseñados que empleaban carbón mineral o «cisco» como combustible; este material proporcionó llamas más parejas y constantes, al tiempo que permitió alcanzar temperaturas de cocción superiores a los 900^{0}C (Martínez 1983, 75).

Para la tercera década del siglo XX surgieron en la ciudad dos nuevas ladrilleras de gran reconocimiento: la Fábrica de Ladrillos Moore S.A. y la Fábrica de ladrillos Gaitán - San Cristóbal (figura 1). Los primeros ladrillos de gres marca Moore fueron elabora-

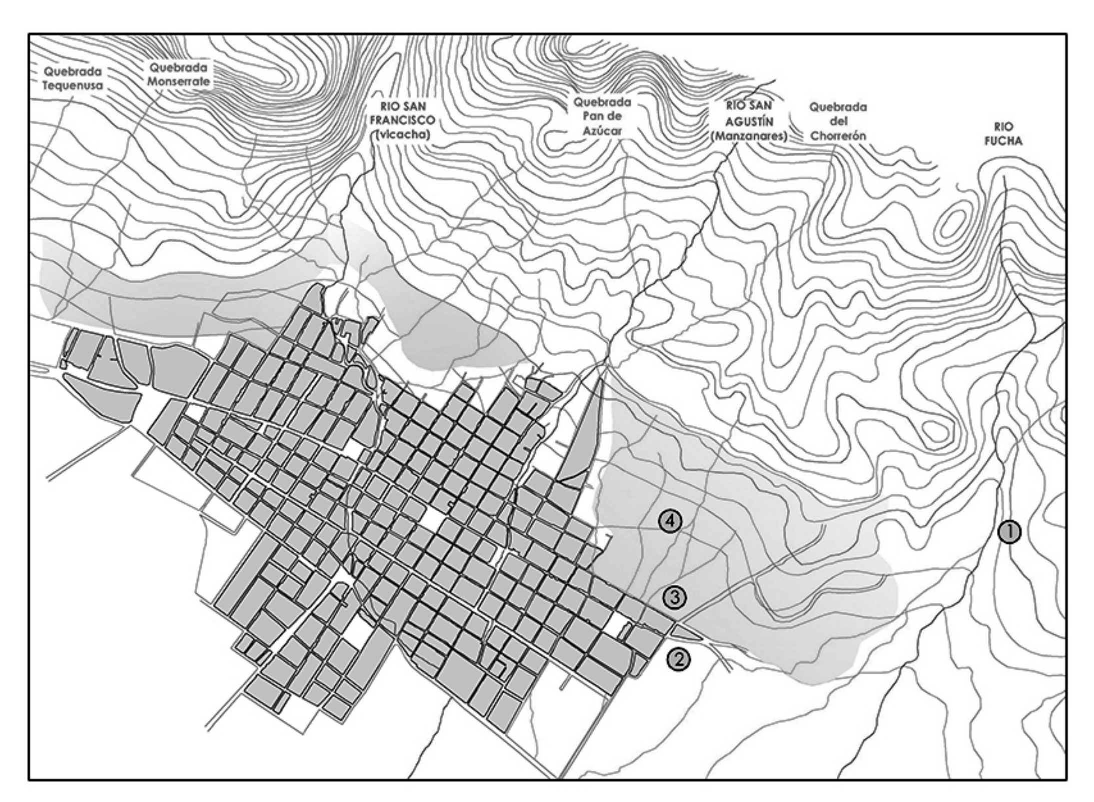


Figura 1
Ubicación de las principales zonas de *chircales* (zonas sombreadas) y los establecimientos de producción de ladrillo prensado más importantes para la tercera década del SXX: 1. Fábrica de ladrillos «Gaitán»; 2. Fábrica de ladrillos «Calvo»; 3. La Gran Fábrica de ladrillos Moore S.A.; 4. Fábrica de ladrillo «El Progreso» (elaboración propia, 2017)

dos en las instalaciones de la Fábrica de Tubos Moore, empresa que desde 1906 confeccionó los primeros productos de gres producidos técnicamente en máquinas prensadoras accionadas por electricidad y cocidos a más de 1100^{0}C en hornos tipo Hoffman (Pardo 1979, 487). Estos ladrillos vitrificados tendrían una gran acogida como material de alcantarillado y pavimentación en las principales calles de la ciudad, pero su participación en la construcción de edificaciones fue relativamente puntual. En 1927 que se formó la fábrica de ladrillo cerámico propiamente dicha, denominada Fábrica de Ladrillos Moore S.A.[1], la cual contaría en sus instalaciones con maquinaría importada de Inglaterra y diez hornos colmena con sistemas manuales de alimentación de carbón (Rosas 2001, 14). Por estos mismos años D. Benjamín Gaitán fundó la Fábrica de Ladrillos Gaitán o San Cristóbal, empresa especializada tanto en la producción de ladrillo prensado como en la elaboración de piezas aplantilladas de excelente acabado.

El muro de ladrillo y su configuración en las primeras etapas

Cuando el ladrillo producido a máquina entró en escena, las técnicas constructivas empleadas para la ejecución de este tipo de muros eran muy similares a las usadas durante periodo colonial. En aquella época el ladrillo cocido rara vez fue empleado como material principal en la conformación de los muros de fachada y, en los contados casos en que intervino, su colocación no fue proyectada para ser dejada como material a la vista. A partir de la segunda mitad del siglo XIX el ladrillo macizo empezó a usarse de manera recurrente como componente principal en la conformación de muros de fachada, pero sus superficies continuaron estando ocultas bajo gruesas capas de mortero por unas décadas más. Estas primeras fábricas estaban conformadas a partir de ladrillos ordinarios[2] dispuestos en hiladas a soga sobre hiladas a tizón, sin aparejo, es decir, sin coordinación vertical entre las llagas de hiladas intercaladas de un mismo tipo (figura 2). Los muros de ladrillo así construidos tenían secciones que oscilaban entre dos y tres astas y media de espesor aproximadamente, siendo dos astas y media la medida de espesor más empleada en las fábricas de las edificaciones de vivienda. En la figura se puede observar que en la hilada de ladrillos dispuestos a soga se hace uso de una pieza cortada de medio tizón de ancho, elemento que se incorpora en la verdugada para impedir aquellas juntas continuas que surgían inevitablemente cuando se disponían sólo piezas de ladrillo entero en cada hilada a soga en un muro de dos astas de espesor.

En la segunda mitad del siglo XIX ingresa en la estructura muraría el ladrillo producido en máquina de moldeo por extrusión. Este material ofreció unas mejores características físicas y mecánicas que favorecieron su uso como material a la vista. Su aplicación al descubierto exigió la implementación de aparejos adecuadamente elaborados y coordinados, con tendeles a plomo y llagas con desplazamiento modulado que permitían romper la continuidad de la junta vertical.

Las edificaciones industriales fueron las primeras construcciones en el país en hacer uso masivo del ladrillo visto en la composición de sus paramentos. Las recién formadas ferrerías hicieron un gran despliegue constructivo empleando hábilmente este material para la construcción de elevadas chimeneas y amplias naves. Un valioso ejemplo de ello lo constituyen las construcciones que conformaban la antigua Ferrería de Samacá (Boyacá), fundada en 1850. Este conjunto lo proyectó y edificó por un grupo de ingenieros ingleses que aprovecharon la buena calidad de

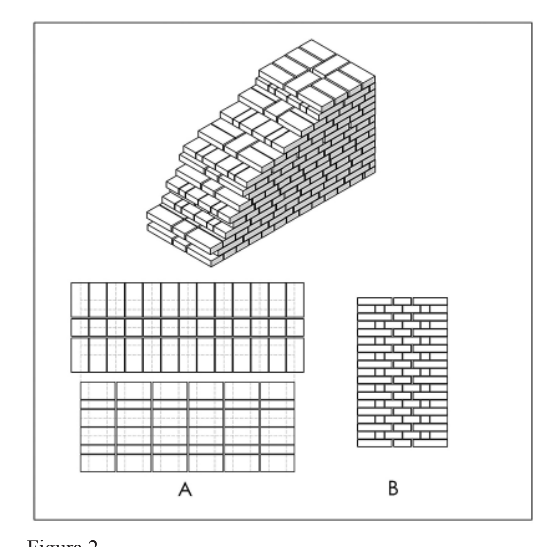


Figura 2
Fábrica dos astas y media de espesor en ladrillos ordinarios dispuestos en hiladas intercaladas a soga y tizón. A. Planta; B. Sección (e.p., 2017)

las arcillas para producir sus propios ladrillos ordinarios y refractarios, empleando para ello maquinaria traída de Europa (Peña y Espinosa 1880, 15). En Bogotá, una de las primeras construcciones industriales en emplear el ladrillo descubierto en sus fachadas fue la Fábrica de Cervezas Bavaria, construida en 1889 por ingeniero español D. Alejandro Manrique Canals. Sus primeras edificaciones, caracterizadas por sus extensos paramentos modulados por pilastras y arcadas de vanos ciegos, fueron drásticamente intervenidas en 1919 por el arquitecto Alberto Manrique Martin, profesional colombiano que empleó ladrillos comunes para configurar los elaborados áticos y cornisas que rompieron con la composición rigurosa y pragmática de las fachadas, aportando al conjunto un aspecto más «moderno» y acorde con las tendencias arquitectónicas del momento (figura 3). Este innovador trabajo del ladrillo sería aplicado igualmente para la construcción de los módulos de Falcas (1922) y Cavas (1927), edificaciones en las que se empleó un lenguaje arquitectónico y constructivo muy similar al observado en fábricas europeas edificadas durante la segunda mitad del siglo XIX y principios de siglo XX, como era el caso de las cervecerías alemanas Diamant, en Magdeburg (1843) y Schultheiss, en Berlín-Dessau (1896–1899), o la Cervecería El Águila, en Madrid, España (1900).



Figura 3
Fábrica de cervezas Bavaria. Apariencia del conjunto en la tercera década del siglo XX; al frente, bloque principal intervenido en 1919, al fondo, bloque de Cavas (dcha.) y bloque de Falcas (izqda) (Carrasco 2006)

La introducción del ladrillo al descubierto en las diferentes tipologías edilicias fue un proceso paulatino y puntual, que empezó a implantarse con gran fuerza entre las edificaciones de vivienda a partir de la última década del siglo XX. Valiosos ejemplos de estas primeras construcciones fueron las obras diseñadas por el norteamericano Peter Brown, ingeniero traído a Colombia para la reforma de la Siderúrgica La Pradera, quien realizó en Bogotá algunas edificaciones como el elegante hotel La Capuchina (destruido) (figura 4) y la casa de D. Francisco Vargas (destruida) (Ortega 1924, 66). Otro importante profesional en el uso del ladrillo visto fue el arquitecto colombiano Mariano Santamaría, quien empleó el material para la construcción de viviendas como la casa Arbeláez (1896, destruida), la casa o templo Calvino (calle 8 con carrera 9) y el conjunto de casas sobre la arquería del antiguo Claustro de San Francisco (1886, destruidas). En estos primeros ejemplos vemos que el material fue adquiriendo un carácter ornamental que antes no había sido reconocido o valorado, aportando constructivamente una solución estética que sería aceptada y aplicada rápidamente en las numerosas construcciones que fueron edificadas en la ciudad a partir de las primeras décadas del siglo XX.

El ladrillo prensado

El ladrillo prensado elaborado mecánicamente empezó a producirse en Bogotá a partir de 1886. Si bien



Figura 4
Izquierda: Hotel La Capuchina (Zambrano 2016)

existen vestigios de la existencia de ladrillos prensados en la primera mitad del siglo XIX, la producción sistemática y tecnificada de estos ladrillos sólo se dio a partir de la penúltima década del siglo (Corradine 2001, 80). Estas piezas se caracterizaron por sus superficies lisas, aristas vivas, tamaño regular, color unificado y elevada resistencia. Igualmente, característico de estas piezas fue el rehundido en el centro de las caras de la tabla, lugar donde solía encontrarse la marca de la fábrica y el cual se conformaba con el objetivo de albergar el mortero de pega evitando así la presencia de juntas visibles en la superficie externa del muro. La uniformidad de estas piezas se logró gracias al empleo de máquinas mezcladoras y prensadoras que funcionaban continuamente con la ayuda de mecanismos accionados por agua o electricidad. El empleo de estas máquinas no sólo mejoró y agilizó la fabricación de ladrillos macizos prensados, sino que también facilitó la elaboración de ladrillos aplantillados de diversos perfiles. Estas piezas molduradas jugaron desde entonces un papel muy importante en la composición ornamental de la fachada del periodo republicano.

En Bogotá, la primera empresa en elaborar ladrillos prensados a gran escala fue la Fábrica de ladrillos Calvo, instalación que desde 1886 empleó máquinas prensadoras de la casa inglesa Clayton & Co. Esta fábrica centró su producción en la elaboración de ladrillos extrusionados, prensados y aplantillados con perfiles en cuarto bocel, gola, caveto y un ladrillo ornamental con impresiones de flores en relieve. Formalmente cada una de estas piezas mostraba una coordinación dimensional directa entre su ancho y su largo, teniendo una soga la misma medida que dos tizones más la junta (s = 2t + j, siendo s: soga, t: tizón y j: junta), mientras que la tercera dimensión, el grueso o espesor, no registraba una relación directa con estas dos medidas ya que era inusual el empleo del ladrillo dispuesto a sardinel (tabla 1).

A partir de 1928 se introdujo en la construcción edilicia el ladrillo prensado elaborado por la Fábrica de Ladrillo Moore. Las piezas producidas por esta fábrica tenían dimensiones que guardaban igualmente una proporción directa entre la soga y el tizón (s = 2t + j). Otros ladrillos prensados como los de las marcas Gaitán –San Cristóbal, El Progreso y La Trinidad tuvieron participación en los procesos constructivos de finales de tercera década del siglo XX, pero se desconoce con exactitud el año exacto en que se dio

Tipo	Marca	Dimensiones (cm)		
		Soga	**Tizón**	**Espesor**
Prensado	Ricardo Calvo	23,5 (±0,6)	11,5 (±0,5)	7,5 (±0,5)
	Moore	25,5 (±0,5)	12,5 (±0,5)	7,5 (±0,5)
	Gaitán – San Cristóbal	24,0 (±0,5)	12,0 (±0,3)	7,0 (±0,5)
	La Trinidad	23,5 (±0,5)	11,5 (±0,3)	7,0 (±0,3)
	La Sidel	25,0 (±0,5)	11,5 (±0,5)	7,5 (±0,3)
Ordinario		25,0 (±1)	12,0 (±1)	6,5 (±1)

Tabla 1
Dimensiones de los ladrillos según tipo y marca de producción (e.p., 2017)

inició a su producción masiva. En la Tabla 1 presentamos las medidas del ladrillo ordinario y de los ladrillos prensados según su marca.

El ladrillo prensado entró en la escena edilicia bogotana como un material resistente, duradero e higiénico que aportaba soluciones estéticas como material de acabado y ornamento. La tecnología y materias primas empleadas en su producción lo convertían en un producto de excelente calidad, pero de elevado precio, limitando su uso como único material constituyente en el grueso de la fábrica. Esta restricción generaría un cambio fundamental en la técnica hasta el momento empleada para la ejecución del muro de fachada, la cual dejaría de conformar la fábrica a partir de ladrillos de un solo tipo para empezar a conformarla a partir de dos hojas constituidas por ladrillos de diferente calidad: una hoja interna de ladrillos ordinarios y una hoja externa en ladrillos prensados. Es muy probable que en los primeros muros ejecutados con esta nueva técnica se implementaran los aparejos empleados hasta el momento para la construcción de la fábrica de ladrillo ordinario o común, siendo especialmente favorecido el aparejo inglés ya que su configuración no generaba dificultades constructivas como consecuencia de las diferencias dimensionales existentes entre los dos tipos de ladrillos (figura 5). La fábrica frenteada (Martínez 1928, 3:224) con este tipo de aparejo generaba un adecuado amarre entre todos los componentes del muro, creando una unión solidaria entre la hoja externa de ladrillo prensado y la hoja interna de ladrillo ordinario, posibilitando que todo el conjunto trabajara como una sola unidad. Debido a la diferencia dimensional que existía entre el

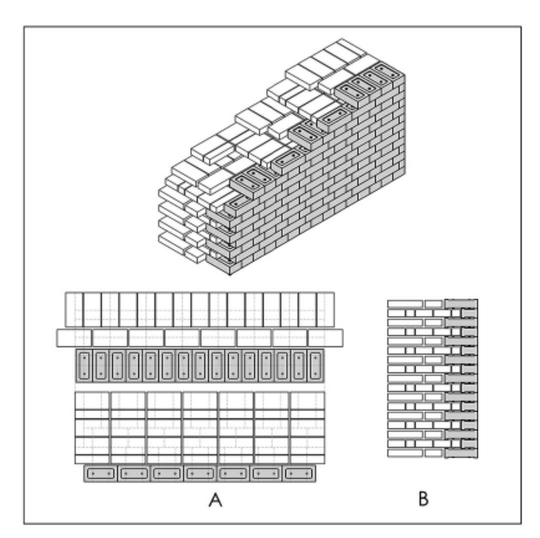


Figura 5
Fábrica de dos astas y media de espesor con ladrillos prensados en aparejo inglés en la hoja externa y ladrillos ordinarios en hiladas a soga sobre hiladas a tizón en la hoja interior. A. Planta; B. Sección. (e.p. 2017)

ladrillo prensado y el ordinario (ver Tabla 1), la hoja interior debía ser ejecutada con tendeles de 1 a 1,5cm de espesor, buscando con ello conservar en un mismo nivel cada hilada de ladrillos ordinarios y prensados, teniendo en cuenta que este último material era dispuesto sobre tendeles de reducido espesor o juntas a hueso.

El muro de ladrillo prensado en aparejo a soga

Para poder establecer las características y singularidades del material y su técnica, hemos realizado un estudio in situ en 131 edificios construidos con fachada en ladrillo prensado a la vista entre finales del siglo XIX y la tercera década del siglo XX. Este grupo incluye edificaciones de diferentes usos (vivienda, industria y equipamientos) y diversas alturas (de una a cuatro plantas). A partir del análisis de los resultados hemos comprobado que el aparejo a soga fue la disposición más empleada en la configuración de la hoja externa, ya que su uso se encontró en 98 de las 131 edificaciones (75%). Otras disposiciones empleadas fueron el aparejo inglés (11%), el aparejo flamenco (5%), el aparejo holandés (1%) y el aparejo a tizón (1%).

El extendido empleo del aparejo a soga es una gran particularidad para la época, ya que su uso estaba exclusivamente reservado para la conformación de citaras o particiones de sólo un asta de espesor, es decir, para elementos divisorios que carecían de cualquier capacidad portante dentro de la estructura. Igualmente singular en el uso de este aparejo fue que su disposición con todos los ladrillos a soga generaba siempre una hoja exterior de media asta de espesor, la cual debía ser unida o amarrada al resto del muro mediante mecanismos que aseguraran su adecuada estabilidad.

De la observación y análisis del grupo de edificaciones con muro de fachada dispuesto a soga pudimos determinar que, en Bogotá, durante las primeras décadas del siglo XX se hizo uso de una técnica que configuraba la hoja externa a partir de la disposición de hiladas continuas de ladrillo prensado entero, intercaladas con hiladas de ladrillo prensado de medio tizón. La disposición coordinada y complementaria de ladrillos ordinarios en cada uno de los espacios adyacentes a los ladrillos de medio formato permitía el correcto amarre entre la hoja externa e interna (figura 6). Esta solución trabada[3] de las hojas se pudo identificar, en algunos casos, a partir del encuentro del muro de fachada con el muro medianero, lugar donde se pueden observar las cabezas de las piezas de medio tizón intercaladas con las piezas de ladrillo entero.

Uno de los primeros y más antiguos textos en describir los métodos de configuración del paramento a partir de ladrillos prensados a soga fue el manual norteamericano *A teatrise on architecture and building construction*, en cuyo tomo *Masonry, Carpentry, Joinery* (Mampostería, carpintería y ebanistería) se denomina a esta técnica «aparejo de ladrillo a la vista» (Bonding Face Brick) (International Correspondence Schools 1899, 2:113–116). Partiendo de la conformación del muro a partir de dos hojas, una externa de ladrillo prensados a soga y una interna de ladrillos ordinarios, el texto establece dos diferentes métodos de amarre para estos elementos: uno mediante el empleo, cada sexta hilada, de una verdugada de ladrillos prensados cortados y trabados con los ladrillos ordinarios de la hoja interna, y otro mediante el uso de piezas de amarre en hierro galvanizado o acero, dispuestas igualmente cada sexta hilada (figu-

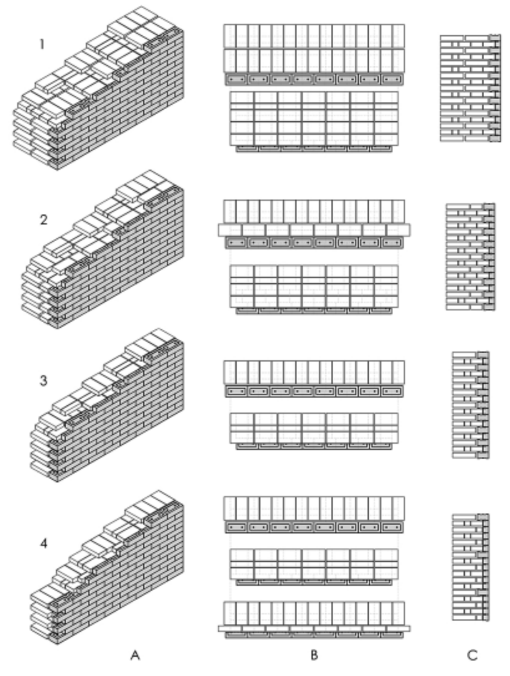


Figura 6
Muros de fachada con hoja exterior en ladrillo prensado dispuesto a soga. Composición de las fábricas con solución trabada para espesores de: 1. Dos astas y media; 2. Dos astas; 3. Asta y media. 4. Solución doblada para muro de asta y media. A. Perspectiva; B. Planta; C. Sección. (e.p. 2017)

ra 7). En el primer método las esquinas internas del ladrillo prensado se cortaban para poder introducir, en diagonal, piezas enteras de ladrillo ordinario, o bien, el ladrillo prensado se cortaba por la mitad, en sentido longitudinal, generando una pieza de medio tizón de espesor tras la cual se colocaban ladrillos ordinarios dispuestos a tizón. Pudimos establecer que hay una gran similitud entre la técnica empleada en los muros bogotanos y el último método descrito en el texto: se usa en los dos casos ladrillos de medio formato para la conformación de las hiladas de amarre entre las dos hojas. Sin embargo, el caso bogotano exhibe dos diferencias particulares: primero, las hiladas de amarre se disponen cada hilada intermedia y no cada seis hiladas, como lo establecía el documento, y segundo, tras los ladrillos de medio formato no se colocan ladrillos ordinarios dispuestos únicamente a tizón.

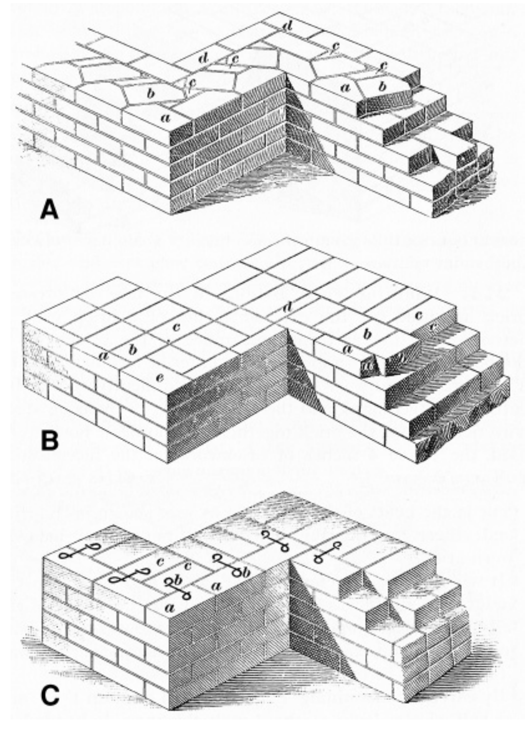


Figura 7
Elementos de amarre en muros con hoja externa en ladrillo prensado dispuesto a soga. A. Verdugada con ladrillo frontal cortado en sus ángulos internos; B. Verdugada en ladrillo frontal cortado por la mitad a lo largo; C. Alambres de hierro galvanizado o acero (International Correspondence Schools 1899)

Esta composición básica del muro sufrió con el tiempo alteraciones en su configuración generadas por el cambio de espesor que la fábrica sostuvo durante el trascurso de las primeras décadas del siglo XX. El muro de fachada, que a inicios del siglo tuvo espesores superiores a los 60cm, pasó a tener espesores de 40 a 55cm en la segunda década del siglo, de 35 a 50cm en tercera década y de 35 a 45cm en los años treinta[4]. Esta composición tuvo que adaptarse a los distintos espesores establecidos y esto pudo traer cambios leves en configuración del muro, especialmente en la disposición de los ladrillos ordinarios en la hoja interna, donde dejan de ser colocados en hiladas sólo a soga o tizón para empezar a ser ubicados en la disposición que asegure el mejor solape de las llagas al interior del muro. Igualmente es posible que

se dieran algunos cambios en la composición de la hoja externa, como por ejemplo, el empleo de un mayor número de hiladas de ladrillo de medio tizón. Estas variaciones pudieron estar directamente relacionadas con la necesidad de disminuir los elevados presupuestos que para aquella época se veían negativamente afectados por el alto precio de este material. Esto pudo generar el desarrollo de hojas externas más esbeltas, que favorecían la conformación de muros «doblados» donde las verdugadas de amarre (ahora constituidas por ladrillos enteros) podían estar a más de una hilada de distancia (figuras 6–4).

El empleo del ladrillo prensado en la ornamentación de la fachada

El ladrillo prensado se empleó inicialmente para configurar superficies lisas y uniformes, relegando el valor ornamental a las molduras y perfiles de mortero que daban forma a aquellos elementos distintivos que caracterizaban la fachada, como era el caso de las cornisas, recercados, portales, fajas, entre otros. Sólo en los antepechos de unas pocas edificaciones hemos observado una ligera variación de las superficies generada por el retroceso o resalto de algunas hiladas y piezas. Estos desplazamientos permitían la composición de sencillas figuras geométricas que daban dinamismo a las superficies de los paramentos, al tiempo que servían como elementos moduladores en la composición de la fachada.

El inicio de la producción de ladrillos aplantillados generó un cambio fundamental en la ornamentación de la fachada; la coordinada combinación y superposición de las diferentes piezas molduradas permitió la conformación de elaboradas cornisas, impostas, capiteles y recercados que no requirieron de morteros de acabado para lograr su objetivo ornamental, haciendo así evidente el valioso carácter estético del material (figura 8).

El arco de ladrillo, empleado durante la colonia para la conformación de los vanos en las edificaciones relevantes y en los portales de contadas construcciones residenciales, empezó a ser usado de forma regular en la arquitectura del periodo republicano. Los arcos de medio punto, escarzano y adintelado fueron los tipos más empleados para la configuración de los vanos de este periodo, obteniéndose los diferentes tipos de dovelas mediante el rebaje de una o las dos caras de tabla del ladrillo prensado.

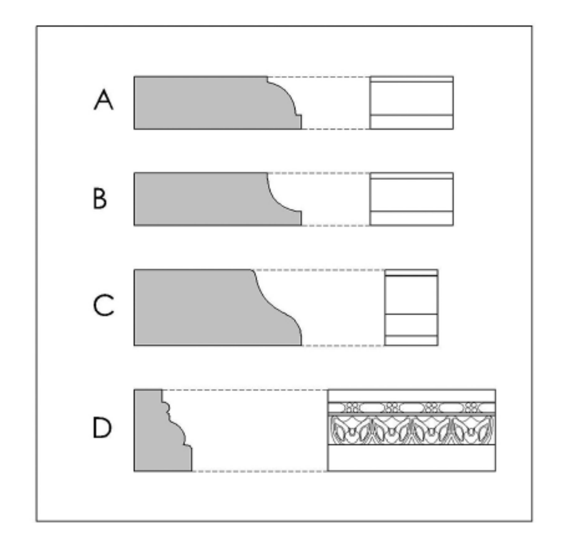


Figura 8
Ladrillos aplantillados más empleados en la ornamentación de muros y vanos. A. Cuarto bocel; B. Caveto; C. Gola; D. Decorativo. (e.p. 2017)

Conclusiones

El ladrillo prensado se introdujo en el panorama constructivo capitalino ante la clara necesidad de un material económico, higiénico y ornamental, que ofreciera una elevada resistencia a los agentes atmosféricos. Las técnicas artesanales empleadas en la elaboración de los materiales cerámicos durante la primera parte del periodo republicano, y en su periodo antecesor, no permitieron la obtención de mampuestos que contaran con las características físicas y mecánicas que garantizaran su empleo como material a la vista. La introducción del ladrillo producido a máquina generó cambios no sólo constructivos, sino también estéticos, que marcaron el inicio de una tradición que ha caracterizado la arquitectura bogotana hasta el día de hoy.

La primera instalación industrial en producir ladrillo prensado fue la Fábrica de Ladrillos Calvo, establecimiento que desde 1886 elaboró este material mediante máquinas importadas de la casa inglesa Clayton & Co. Esta fábrica fue la principal fuente de ladrillo prensado y moldurado desde el último decenio del siglo XIX hasta finales de la tercera década del siglo XX, fecha en la que surgieron tres nuevas

instalaciones a gran escala: la Fábrica de Ladrillos Moore, Gaitán-San Cristóbal y El Progreso. Los ladrillos producidos en estas cuatro fábricas tenían dimensiones próximas, con medidas que oscilaban entre los 23.5 a 25.5cm de largo, 11.5 a 12.5cm de ancho y 7 a 7.5cm de espesor.

Las primeras edificaciones en introducir el uso del ladrillo a la vista en sus fachadas fueron las instalaciones industriales, las cuales hicieron evidente la clara ventaja constructiva y estética ofrecida por el material cuando éste era dejado al descubierto. Paulatinamente las diferentes tipologías edilicias adoptaron estos mampuestos como material de acabado, siendo la arquitectura doméstica una de las protagonistas que más despliegue hizo de la adaptabilidad del material empleándolo hábilmente tanto en la conformación del muro como en la composición de las cornisas, recercados, portales y fajas que hicieron parte del lenguaje neoclásico que se impuso en la ciudad durante gran parte del periodo republicano.

La introducción del ladrillo prensado generó un cambio significativo en la configuración del muro de fachada, el cual empezó a ser ejecutado a partir de dos hojas trabadas de ladrillo de diferente calidad: una externa de ladrillos prensados vistos y una interna de ladrillos ordinarios. La disposición más empleada para la configuración de la hoja externa fue el aparejo a soga, constituido a partir de hiladas de ladrillos prensados enteros intercaladas con hiladas de ladrillos prensados de medio tizón de espesor. Esta técnica, de origen norteamericano, sufriría progresivos cambios como consecuencia de la paulatina disminución del espesor del muro.

Notas

1. Si bien la fábrica se conformó en 1927 (El Tiempo 1927), su producción empezaría un año después ya que la solicitud de licencia para los 10 hornos que funcionaron en sus instalaciones fue instaurada el 13 de abril de 1928 (Licencias de construcción).
2. Se denomina ladrillo común al ladrillo elaborado a máquina y ladrillo ordinario al ladrillo elaborado a mano en tejar o chircal. (Caicedo 1888, 168).
3. Para la configuración de los muros (de carga o cerramiento) compuestos por dos hojas de ladrillo es posible generar dos soluciones; trabada y doblada. La solución trabada es aquella donde los elementos de amarre o llaves en ladrillo son colocados cada hilada o hilada intermedia, mientras que la solución doblada es cuando estos elementos sólo son introducidos en la hoja cada sexta hilada o más. (Rodríguez 2007).
4. Valores de espesor establecidos a partir de la medición del muro en los planos de más de 600 licencias de construcción aprobadas por la Secretaria de Obras Públicas entre 1914 y 1925 (Licencias de construcción - Archivo de Bogotá), y entre 1925 y 1940 (Licencias de construcción-Archivo Central de Planeación).

Lista de Referencias

Caicedo Nicolás. 1888. El Nomenclator. *Anales de Ingeniería, órgano de la Sociedad Colombiana de Ingenieros* 2 (19):208–217.

Carrasco Zaldúa, Fernando. 2006. *La Compañía de Cemento Samper. Trabajos de arquitectura 1918–1925*. Bogotá: Editorial Planeta.

Corradine Angulo, Alberto. 2001. *Historia de la arquitectura colombiana: volumen siglo XIX*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

El tiempo. 1927. Una gran fábrica de ladrillos para Bogotá. Diciembre 14.

International Correspondence Schools. 1899. Masonry, Carpentry, Joinery, with practical questions and examples. En *A teatrise on architecture and building construction, prepared for students of the International Correspondence Schools*. Vol. 2. Scranton: Colliery Engineer Co.

Licencias de construcción para Bogotá. Fondo Ministerio de Obras Públicas, Archivo de Bogotá.

Martínez Ángel, Manuel. 1928. *Tecnología de los oficios de la construcción: apuntes ajustados al programa de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid*. Vol. 3. Madrid: Imp. de Juan Pueyo.

Martínez, Carlos. 1983. El ladrillo en Bogotá. En *Apostillas y Reseñas*. Bogotá: Cuadernos Proa.

Mayor Mora, Alberto. 2005. *Inventos y patentes en Colombia 1930–2000: de los límites de las herramientas a las fronteras del conocimiento*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Ortega, Alfredo. 1924. *Arquitectura de Bogotá*. Bogotá: Minerva.

Pardo Pardo, Alberto. 1979. *Geografía económica y humana de Colombia*. Bogotá: Ediciones.

Pavony, Germán. 1999. *Los años de cambio: historia urbana de Bogotá, 1820–1910*. Santa Fe de Bogotá: Centro Editorial Javeriano.

Peña, Manuel H.; Espinosa G., Rafael. 1880. *Informe de la Comisión nombrada para realizar una visita en la Ferrería de Samacá*. Bogotá: Imprenta a cargo de H. Andrade.

Rodríguez Sánchez, Antonio. 2007. *Aplicación de los aparejos en las fachadas de fábrica vista en Madrid durante*

la primera mitad del siglo XX desde la configuración constructiva del muro y la influencia de la coordinación dimensional de la pieza. I Jornada nacional de investigación en edificación, E.U.Arquitectura. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Rosas, Martín. 2001. Ladrillos, Tejas y Pisos. Moore 75 años, una historia de tradición y calidad. *Terracota 1* (14–16).

Simbaqueba, Luis. 1958. *Apuntes lexicográficos sobre la industria del ladrillo en Bogotá*. Thesaurus: boletín del Instituto Caro y Cuervo, Tomo XIII, No. 1–3. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo.

Téllez, Germán; Moure Ernesto. 1982. *Repertorio formal de arquitectura doméstica: Cartagena de Indias*. Bogotá: Escala.

Téllez, Germán. *Historia y estado actual de la sede del museo en la calle 7ª y carrera 8ª*. Carpeta Museo de Artes y Tradiciones Populares. Ministerio de Cultura.

Zambrano, Fabio. 2016. *Bogotá 1900, álbum fotográfico de Henri Duperly*. Bogotá: Villegas Editores.

El proyecto de bóvedas tabicadas siguiendo reglas de proporción

Esther Redondo Martínez

La construcción tabicada aparece en la zona de Levante en los últimos años del siglo XIV y a lo largo del siglo XVI se generaliza en buena parte de España. Desde su aparición hay algunos documentos (contratos y pleitos de obra) en los que se describe su construcción. Pero hasta el siglo XVII no lo encontramos en los tratados de arquitectura españoles y aun tardará 100 años más en ser reconocido por los influyentes tratados franceses, lo que supone una gran difusión y su aceptación dentro de la arquitectura «culta».

Desde su aparición hasta bien avanzado el siglo XIX, las bóvedas tabicadas se diseñan empleando reglas de proporción, de la misma forma que el resto de estructuras de fábrica.[1] La fuente principal en la que encontramos estas reglas son los tratados de arquitectura.

Se estudian aquí las que se refieren de manera específica a las bóvedas tabicadas, que son sólo dos: las propuestas por Fray Lorenzo en 1639, en la primera parte de *Arte y Uso de Arquitectura* y las de Josep Renart en su *4º Quincenario*, manuscrito hacia 1810. Las proporciones que dan ambos autores son muy distintas y al final de la comunicación se busca una explicación de esta diferencia.

Las reglas se refieren siempre al espesor que hay que dar a los muros para soportar el empuje de la bóveda, nunca al de la propia bóveda. Esto se debe a que el espesor constructivo de una bóveda tabicada de 2–3 gruesos de ladrillo (8–10 cm), aunque muy delgado, es suficiente para contener una línea de empujes en el tercio superior de la altura, que es el que queda libre. Por debajo, lengüetas y macizados ayudan a la bóveda que tiene así un espesor superior al de los gruesos de ladrillo.[2] Ningún constructor tradicional lo hubiera explicado así, pero sabían que el espesor de la bóveda no era el problema.

Fray Lorenzo de san nicolás. 1639

El primer tratado español en que se cita la construcción tabicada es «Arte y Uso de Arquitectura», escrito por Fray Lorenzo de San Nicolás en 1639. Fray Lorenzo nació en Madrid en 1593. Fue fraile agustino y arquitecto de su orden, proyectando y construyendo 16 iglesias y capillas entre 1633 y 1656, según enumera en la 2ª parte de su tratado (San Nicolas 1663). Había aprendido con su padre, igualmente maestro de obras de los agustinos.

A partir de ese momento, la bóveda tabicada se recoge en casi todos los tratados españoles de los siglos XVII y XVIII, aunque en ninguno se describe de manera tan clara y detallada como en Fray Lorenzo, que habla de procesos de ejecución, uso de cimbras así como del tamaño de muros y estribos para sostenerlas. Su punto de vista es el de un constructor de bóvedas: «Todo lo cual experimenté con mis manos antes de escribirlo, siendo este mi ejercicio, como en otras ocasiones he dicho» (San Nicolás 1639, 91).

Las reglas de proporción de Fray Lorenzo

Con respecto a las reglas de proporción, las de Fray Lorenzo son geométricas y muy sencillas: una proporción entre luz y espesor de muro necesario, diferenciando lo que ocurre si el muro tiene contrafuertes y si no los tiene. Sin contrafuertes, Fray Lorenzo recomienda un espesor de L/5 para los muros que resisten una bóveda tabicada (frente a L/4 para sostener una bóveda de rosca de ladrillo y L/3 para una de piedra). Y con ellos, da unas medidas concretas, también menores que las de piedra y rosca de ladrillo.

> Cuando la bóveda hubiere ser tabicada de ladrillo, basta que lleven las paredes de grueso la octava parte de su ancho y los estribos que cumplan con el grueso hasta la cuarta parte de su ancho. Si en el templo cuyas bóvedas han de ser tabicadas no pudiere haber estribos, tendrán de grueso las paredes la quinta parte de su ancho y aun hay lugar en esta parte de adelgazar más (San Nicolás 1639, folio 30v)

Las proporciones no dependen de la altura del muro, pero Fray Lorenzo era consciente de esta dependencia, estas reglas las da como válidas para la relación altura-ancho de nave habituales en templos: «Y así, este edificio con tres diversidades de bóvedas irá seguro, con tal que en los demás guarde los preceptos que diéremos; y en la alteza del Templo no exceda de suerte que parezca mal» (San Nicolás 1639, folio 31).

Además, son válidas para bóvedas de medio punto, igualmente las usuales en las iglesias y templos construidos por Fray Lorenzo. Más adelante en su tratado, habla de cómo «fortificar» otros edificios, indicando que como suelen tener menor altura se podrán usar anchos menores:

> Hicimos demonstracion de cinco plantas en el cap. 23 y asi ellas, como qualesquier otras piezas todas las vezes que hubieren de llevar bobedas guardaran la orden que los Templos: excepto, que como no debantan tanto se puede ahorrar algo de estribos más (San Nicolás 1639, folio 33v)

Varios autores del siglo XVIII reproducen las reglas de Fray Lorenzo sobre el ancho de muros y estribos. En Briguz y Brú (1738),[3] sin citar la fuente:

> En orden a la gordaria de las paredes de los Templos, no se puede dar regla general, porque los materiales como piedra, ladrillo, cal, yeso, etc. no son igualmente buenos en todos los paises pero sin embargo dire lo que en esto suelen practicar los Arquitectos (…) Si las bóvedas fueren tabicadas, y con estribos, se dará estos algo menos de la quarta parte, y a las paredes la octava parte de la anchura de la nave. Si la bóveda no llevare estribos, se dará a las paredes la quinta parte (Briguz y Brú 1738, 98)

En García Berruguilla (1747)[4] encontramos la misma repetición, igualmente sin cita:

> Cuando la bóveda hubiere de ser tabicada y doblada de ladrillo, se le dará a la pared la octava parte de su ancho y los estribos tendrán la cuarta parte de su ancho.
>
> Si no se pudiere echar estribos, se dará a la pared la quinta parte de su ancho (García Berruguilla 1747, 130)

Por último, en Plo y Camín[5] volvemos a encontrar una única referencia a las bóvedas tabicadas repitiendo las reglas de Fray Lorenzo, aunque, por fin, Plo y Camín sí le cita

> En bobedas, que han de ser tabicadas de ladrillo dicen que se les de a los estribos la cuarta parte de su diámetro, y a las paredes la octava (véase Fray Laurencio de San Nicolás en su primera parte de Arte y Uso de Arquitectura, cap 20, fol 52 y 53) donde supone sea la vuelta de medio punto (Plo y Camín 1767, 455–56)

Validez de las reglas de Fray Lorenzo

Podemos plantear un análisis de equilibrio sobre un edificio de las características que describe Fray Lorenzo: bóveda de cañón de medio punto, espesor de muro 1/5 de la luz libre, relleno hasta 1/3 de la altura de la bóveda y lengüetas 1/3 más; espesor de bóveda 10 cm; peso específico de bóveda, relleno y muro 18 kN/m^3 (ver figura 1); la altura del muro se ha considerado hasta la clave de la bóveda.[6]

La línea de empujes está contenida en el muro para las relaciones H/L que propone Fray Lorenzo ($H=L$; $H=1,5 \cdot L$) y también mayores. Midiendo la excentricidad de la resultante (x) para cada altura considerada puede obtenerse el coeficiente de seguridad geométrico (c) como $c=d/2 \cdot x$, siendo d el espesor del muro. Los valores son muy elevados: $c=5$, para $H=L$ y $c=4,38$ para $H=1,5 \cdot L$, las proporciones que indica Fray Lorenzo. Incluso para $H=2 \cdot L$, una proporción poco usual, el coeficiente de seguridad es 4,12. Estos valores son algo más grandes de los que se obtienen en edificios reales, entre 3 y 4.[7]

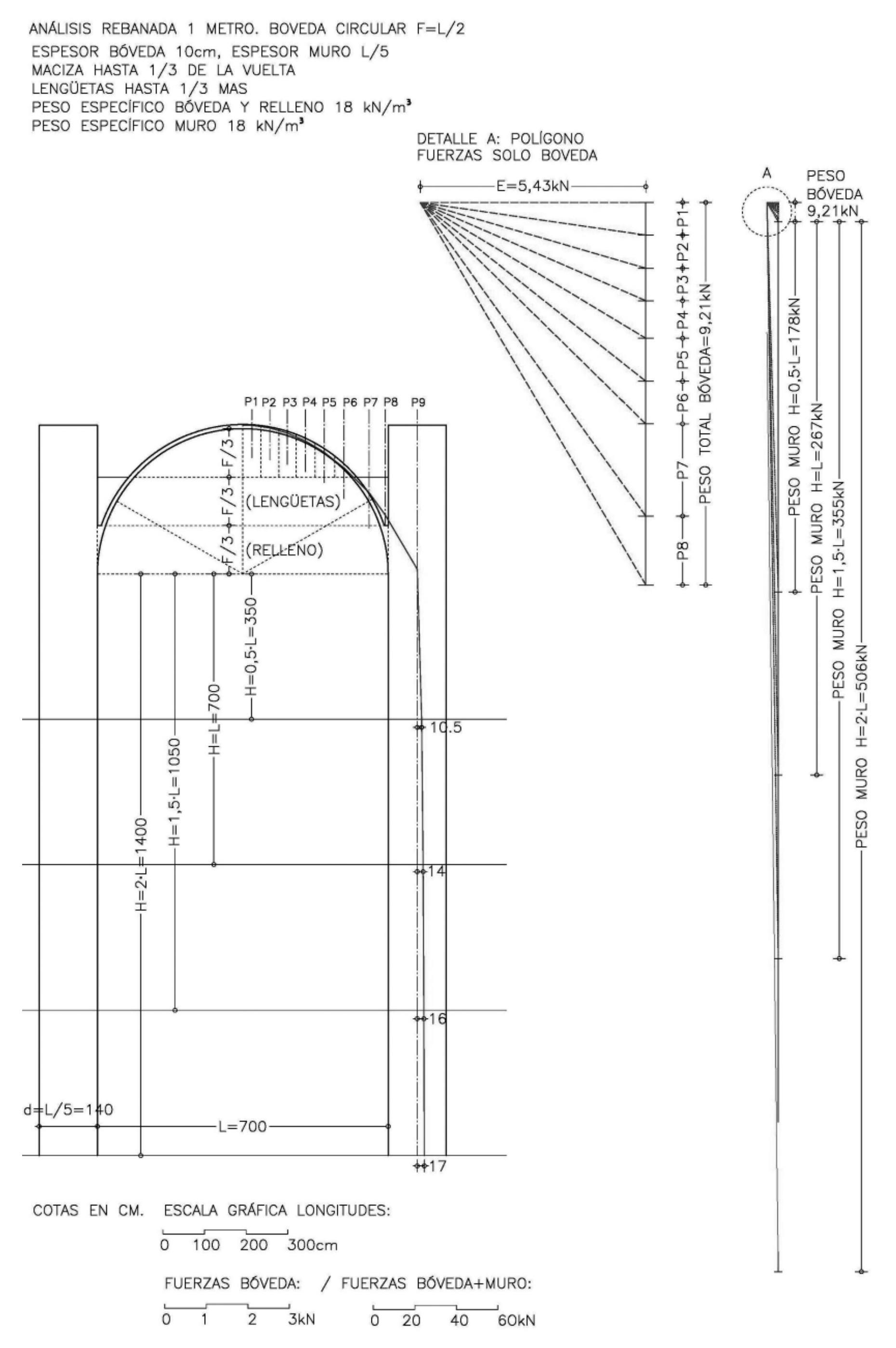


Figura 1
Análisis de equilibrio sobre un edificio de las características descritas por Fray Lorenzo (dibujo de la autora).

Excentricidad de la resultante (x) y Coeficiente de seguridad geométrico (c)								
	e_b=10 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m³ muro L/5, γ=18 kN/m³		e_b=8 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m³ muro L/5, γ=18 kN/m³		e_b=10 cm; relleno 2/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m³ muro L/5, γ=18 kN/m³		e_b=10 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m³ muro L/5, γ=22 kN/m³	
H/L	x	c	x	c	x	c	x	c
0,5	10,5	6,67	8,5	8,24	4,5	15,56	8,5	8,24
1	14	5,00	11	6,36	10	7,00	11,5	6,09
1,5	16	4,38	12,5	5,60	12,5	5,60	13	5,38
2	17	4,12	13,5	5,19	14,5	4,83	14	5,00

Tabla 1
Excentricidad de la resultante y coeficiente de seguridad geométrico para distintas hipótesis de análisis sobre el edificio de la figura 1.

En la tabla 1 se resumen los coeficientes de seguridad del análisis de equilibrio dibujado en la figura 1 (en la columna de la izquierda) junto con algunas variaciones posibles del mismo (en las columnas de la derecha): suponiendo que la bóveda tenga un espesor menor (8 cm en lugar de 10), que el relleno alcance 2/3 de la altura de la bóveda o que el muro sea de piedra maciza (peso específico 22 kN/m³). En todos estos supuestos obtenemos coeficientes de seguridad todavía mayores.

Por tanto, las reglas de Fray Lorenzo son válidas para los edificios que el construía, con valores incluso excesivamente seguros. Fray Lorenzo es consciente de que el valor de L/5 es un poco elevado « Si en el Templo, cuyas bobedas han de ser tabicadas, no pudiere haber estribos tendran de grueso las paredes la quinta parte de su ancho y aun ay lugar en esta parte de ade1gaçar mas» (San Nicolás 1639, 31)

La razón de este exceso puede ser la siguiente: una bóveda tabicada pesa muy poco en relación al muro que la sustenta: en el ejemplo de la figura 1, el peso de la bóveda supone un 7,5% del peso de los muros, por eso permite muros más delgados que otras. Un pequeño incremento del peso sobre la bóveda por razones imposibles de controlar durante la vida útil de un edificio puede incrementar el empuje y hacer necesario el muro de espesor L/5.

Por otro lado, los valores prescritos por Fray Lorenzo son discutidos por otros autores de su época: en Marías (1991) se cita un pleito entre dos maestros de obras acerca de la iglesia de San Martín de Valdeiglesias: el maestro Pedro Sánchez proyecta la iglesia con bóvedas tabicadas y un espesor de muros de L/9. Hay una controversia con otro maestro Pedro Peña que indica (al igual que dirá unos años después Fray Lorenzo) que son necesarios muros de espesor L/5.[8] Finalmente, se impone la opinión del arquitecto real Juan Gómez de Mora, que prescribe un espesor de L/6.

El valor de L/9 que defiende Pedro Sánchez para la iglesia de San Martín de Valdeiglesias es claramente inseguro: la línea de empujes no se sale de un muro con este espesor pero el coeficiente de seguridad es muy bajo: 1,47 para H=L y 1,32 para H=1,5·L. Así que tenía razón Pedro Peña al criticar su escaso espesor. Pero el muro de ancho L/6 que finalmente impone el arquitecto real Juan Gómez de Mora sigue dando coeficientes de seguridad válidos: 3,43 para H=L y 3,07 para H=1,5·L. En la tabla 2 se resumen estos valores: en la columna izquierda se repiten los valores obtenidos con el análisis de la figura 1; en la columna central, los coeficientes obtenidos con un muro de espesor L/6 para distintas proporciones H/L y en la columna derecha para el muro de espesor L/9. Estas dos columnas se obtienen de un análisis de equilibrio igual al representado en la figura 1.

LOS *QUINCENARIOS* DE JOSEP RENART. CA 1810.

Josep Renart (1746–1824), maestro de obras barcelonés, desarrolla su carrera en los últimos años del si-

Excentricidad de la resultante (x) y Coeficiente de seguridad geométrico (c)						
	e_b=10 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m3 muro L/5, γ=18 kN/m^3		e_b=10 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m3 muro L/6, γ=18 kN/m^3		e_b=10 cm; relleno 1/3 bóveda y relleno γ=18 Kn/m3 muro L/9, γ=18 kN/m^3	
H/L	**x**	**c**	**x**	**c**	**x**	**c**
0,5	10,5	6,67	13	4,49	20,5	1,90
1	14	5,00	17	3,43	26,5	1,47
1,5	16	4,38	19	3,07	29,5	1,32
2	17	4,12	20,5	2,85	31	1,25

Tabla 2
Excentricidad de la resultante y coeficiente de seguridad geométrico para espesores de muro menores que los prescritos por Fray Lorenzo.

glo XVIII, en los que en Barcelona se produce un importante incremento demográfico y, derivados de él, algunos cambios en la forma de construir.[9]

En los primeros años del siglo XIX recoge su saber constructivo en unos manuscritos (*Cartas* y *Quincenarios*, estos últimos escritos cada quince días) que manda a su hijo Francesc, también maestro de obras. Estos documentos están escritos en los primeros años del siglo XIX. El norte de España está inmerso en la Guerra de la Independencia y Renart aprovecha este momento de paro forzoso para escribir lo que sabe sobre construcción y enviárselo a su hijo, que está destinado en Tarragona también por la guerra. El documento que se estudia es el 4º *Quincenario*, dedicado a las técnicas constructivas.

Es un texto interesante porque Renart, que es un hombre culto pero a la vez un constructor experimentado, mezcla trozos de tratados con su propio saber constructivo.[10]

Renart dedica un buen espacio de su manuscrito a hablar de bóvedas tabicadas, desde la página (32) hasta la (87), en un manuscrito de 122 páginas. Esto deja ver la importancia que tenía este sistema constructivo en Barcelona y en la época en que Renart escribe. Se mezclan reproducciones íntegras de opiniones de otros autores que han tratado las tabicadas: Fray Lorenzo (1639), Bails (1796) y Espie (1754),[11] con textos propios de Renart. Muchas veces entran en contradicción unos con otros, lo que es frecuente en este momento y en este tema. Hay que entender que lo que escribe Renart de su cosecha es lo que realmente construía, mientras que los textos copiados de otros autores, normalmente tratadistas influyentes, era lo que había que escribir.

Las reglas de proporción de Josep Renart

Renart, a lo largo de su manuscrito, hace bastantes referencias al tamaño necesario para los muros que soportan bóvedas, tanto de piedra como de rosca y tabicadas.

Sobre las tabicadas comienza discutiendo el asunto de su falta de empujes «Entre los arquitectos se disputa cada día sobre si esta especie de bóvedas tienen o no tienen empuje» (Renart, 40). A continuación de esta frase reproduce los «experimentos» de Espie (1754) para demostrar el escaso empuje de las estas bóvedas y después da unas reglas propias para calcular el estribo necesario en las bóvedas tabicadas. Son reglas de proporción, similares a las que escribe para bóvedas de otros materiales y a las que enuncia Fray Lorenzo 150 años atrás. Pero las proporciones de estribos que ofrece Renart son mucho más esbeltas que las de Fray Lorenzo: frente a L/5 que recomendaba Fray Lorenzo para una pared sin contrafuertes, Renart dice que basta con un espesor entre L/9 y L/12, en función de la forma de la bóveda y de si lleva o no lunetos.

El hijo de Renart, el destinatario de estos escritos, aún apura más las medidas necesarias para soportar una bóveda tabicada: en algunos casos escribe anotaciones al margen o tacha las de su padre, dando proporciones menores: respecto a la media naranja: «ha-

biendo lunetos bastará a la bóveda circular el onzeno y a la rebajada el 1/10» (Renart, 56); respecto a la baída tacha la proporción de L/10 y apunta en su lugar L/12. Renart cita y dibuja esquemáticamente en su texto unos cuantos edificios construidos por él en los que se cumplen estas proporciones, como la casa de campo de Narciso Plandolit: 30x50 palmos en planta, bóveda en cielo de coche, rebajada, f=L/6, espesor de muros 3,5 palmos (L/8,5).

Validez de las reglas de Josep Renart

En la figura 2 se analiza un edificio de las características que describe Renart. El tipo de análisis es el mismo que en la figura 1: se dibuja una bóveda de cañón seguido, pero en este caso rebajada, con flecha L/6. Los riñones están rellenos hasta 1/3 de la altura y hay lengüetas en 1/3 de la altura más. El peso específico del conjunto es 18 kN/m^3 y se ha despreciado el peso de las lengüetas. Los muros laterales reciben el empuje de esta bóveda, que puede analizarse por rebanadas ya que funciona de manera unidireccional. El espesor del muro es L/9, que es el indicado por Renart para una bóveda de esta geometría. Las alturas consideradas son menores que en el análisis de la figura 1: H=L y H=0,5·L, ya que los edificios que construía Renart, principalmente viviendas en Barcelona, no parece razonable que fueran más altos (aunque en los *Quincenarios* no se cita cual es esta proporción)

La bóveda no es estable, ni siquiera con un pequeño coeficiente de seguridad: tanto para H=L como para H=0,5·L, la línea de empujes se sale del muro.

¿Cómo es posible que Renart, un constructor experimentado, propusiera unas reglas inseguras en un texto dedicado a instruir a su hijo?

Una explicación posible es la situación y el uso de los edificios que construía Renart, muy diferentes a las iglesias para las que Fray Lorenzo prescribe el espesor de L/5. Esto tiene dos consecuencias:

- Una menor relación H/L en los edificios que construye Renart, principalmente viviendas. Este aspecto ya se ha tenido en cuenta en el análisis de la figura 2, realizado para proporciones H=L y H=0,5·L. Pero para ninguno de estos valores la bóveda es estable.
- La situación de las bóvedas en un edificio de viviendas, con varios metros de muro por encima. Repitiendo el análisis de la figura 2, ya sólo para una proporción H=0,5·L, más adecuada para una vivienda, y considerando cierto peso de muro por encima (ver figura 3) se obtienen los siguientes datos: para conseguir un coeficiente de seguridad de 2 es necesario colocar 5,70 metros de muro por encima; para conseguir c=3 hay que colocar 11,20 m de muro por encima

Estas alturas de muro no son descabelladas a la vista de algunos ejemplos de los propuestos por Renart en su *Quincenario*: la bóveda del coro de una iglesia; las bóvedas de la planta baja del Cuartel de las Atarazanas de Barcelona. En los últimos años del siglo XVIII y principios del XIX, a la vez que la ciudad aumenta de población, se desarrolla en Barcelona la casa de vecinos o *casa d'escaleta*, de varias plantas. En Rosell (1996) se describe la forma habitual de construir estas viviendas, con algunos ejemplos construidos por Renart. Aunque Rosell describe los forjados con vigas de madera y revoltones de ladrillo, es probable que, al menos en plantas bajas y bajo rasante, se sustituyeran por bóvedas tabicadas, para evitar el uso de madera en sitios húmedos.

La otra explicación para las propuestas de Renart es el comportamiento espacial de las bóvedas que construye, que son principalmente baídas, en rincón de claustro o de tipo imperial.[12] Para valorar este efecto, se analiza el ejemplo concreto, descrita por Renart varias veces en su *Quincenario*, de la casa de campo de Narciso Plandolit (ver cita más arriba). Es una bóveda de perfil imperial, con dimensiones en planta 50x30 palmos (10x6 m) y 5 palmos (1 m) de montea. No se indica la altura hasta los arranques, se ha supuesto 4 m. Los muros son de 3,5 palmos (70 cm).

Dada la forma de construir las bóvedas que propone Renart, con unas lengüetas muy rígidas en las esquinas, podemos suponer que el grueso del empuje se transmite por ellas, y, dado que el espesor de la lengüeta es grande, que la línea de empujes que se forma es el funicular de las cargas, una parábola para carga repartida. Este es el método de cálculo que propondrá Ignacio Bosch Reitg (1949) para sus bóvedas de doble curvatura, construidas de manera similar, ver figura 4 izq.

A continuación se analiza la bóveda de la casa de

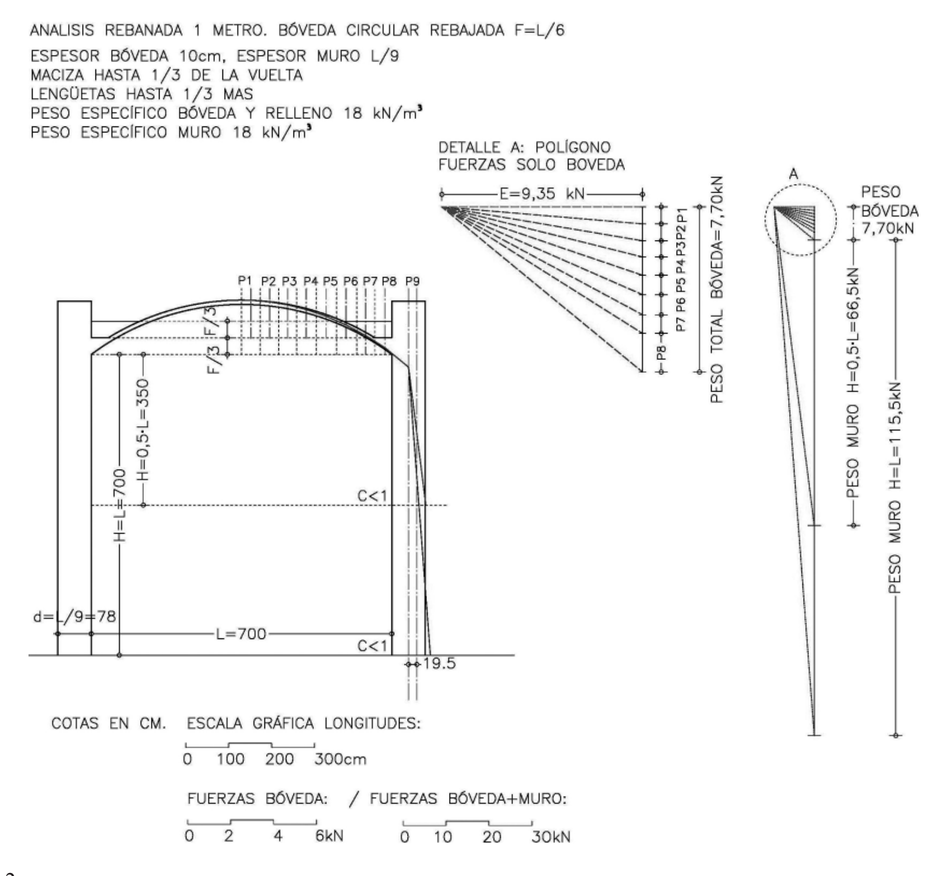


Figura 2
Análisis de equilibrio unidireccional sobre un edificio de las características descritas por Renart (dibujo de la autora).

Narciso Plandolit siguiendo el método de Bosch Reitg:

$$E = \frac{Q \cdot a \cdot b \cdot l}{2 \cdot 8 \cdot f}$$

Siendo *Q* la carga superficial en la bóveda, *a* y *b* sus lados, *l* la luz del arco diagonal y *f* la flecha común a todos los arcos.

Como carga superficial se toman los 110 kg/m^2 que indica Bosch, ver figura 4. der. más 200 kg/m^2 de carga de uso,[13] en total 3,1 kN/m^2.

$$E = \frac{3{,}1\,\mathrm{kN/m^2} \cdot 6\,\mathrm{m} \cdot 10\,\mathrm{m} \cdot 11{,}66\,\mathrm{m}}{2 \cdot 8 \cdot 1\,\mathrm{m}} = 135{,}6\,\mathrm{kN}$$

Este valor del empuje se transmite por la diagonal y tiene que ser equilibrado por el peso de la esquina que forma la mitad del muro hacia cada lado. Planteando un sencillo equilibrio de momentos sobre la esquina:

$$\mathrm{Mdes} = E \cdot H = 135{,}6\,\mathrm{kN} \cdot 4{,}00\mathrm{m} = 542{,}4\,\mathrm{kN \cdot m}$$

E es el empuje obtenido según la fórmula anterior y *H* es la altura considerada hasta el arranque de la bóveda, 4,00 m, ver esquema en figura 5.

La estabilidad de la bóveda depende de la longitud de los muros laterales que deben movilizarse para que la bóveda caiga. La opción más favorable sería considerar la totalidad del muro, de manera

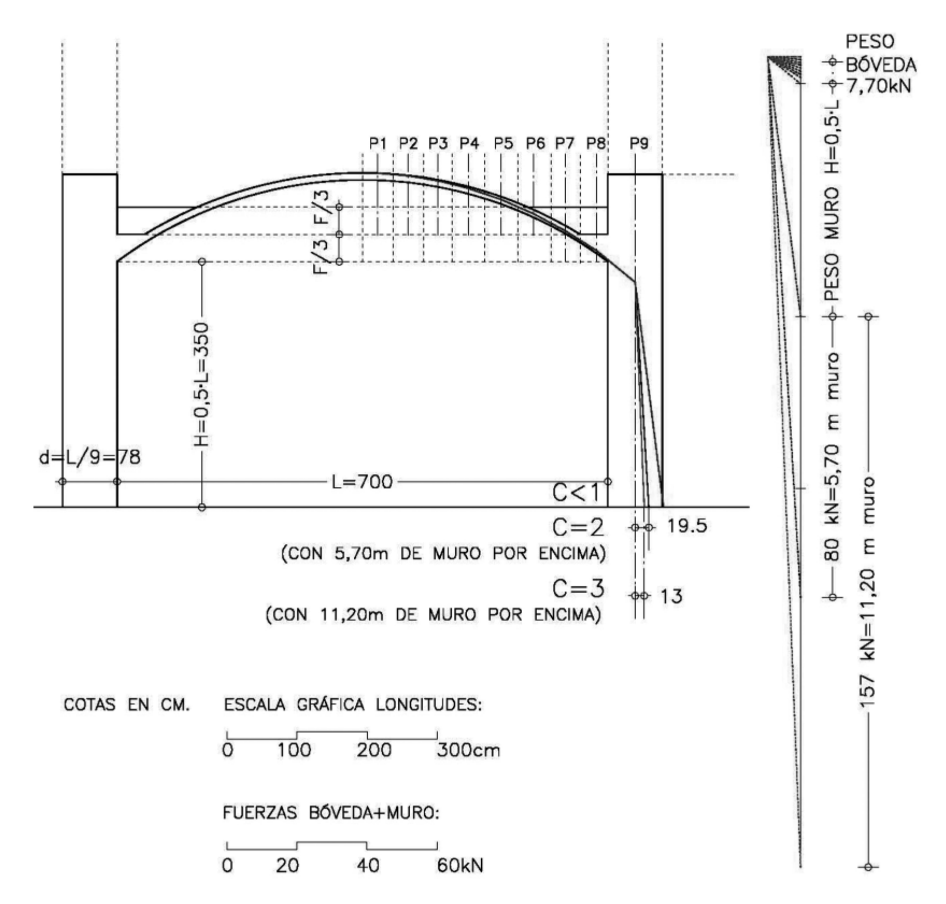


Figura 3
El mismo análisis de la figura 2 pero añadiendo el peso de cierta altura de muro por encima (dibujo de la autora).

que la mitad de la longitud hacia cada lado desde las esquinas contribuye a resistir el empuje de la bóveda.

En estas condiciones, el momento equilibrante es:

$$\text{Meq} = P \cdot D = 890\,\text{kN} \cdot 2{,}22\,\text{m} = 1976{,}5\,\text{kN·m}$$

Para calcular *P* se ha considerado la mitad del muro hacia cada lado ($A=0{,}5 \cdot L_A=3{,}00$ m y $B=0{,}5 \cdot L_B+e_{muro}=5{,}70$ m), una altura de 8,12 m (4 m para la planta baja, 3 m para la superior más la montea de la bóveda) y un peso específico de muro de 18 kN/m^3.

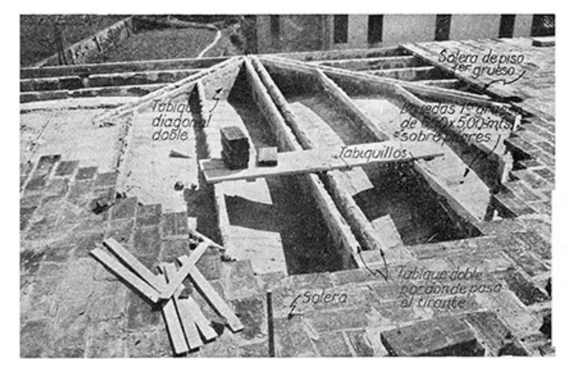
D es la distancia del centro de gravedad de la figura rallada a la esquina A, ver esquema en figura 5.

Puede obtenerse un coeficiente de seguridad dividiendo el momento equilibrante entre el desequilibrante:

$$c = \frac{\text{Meq}}{\text{Mdes}} = \frac{1974{,}56\,\text{kN·m}}{542{,}4\,\text{kN·m}} = 3{,}64$$

El coeficiente de seguridad es bastante elevado, pero también es demasiado a favor de seguridad considerar que todo el muro contribuye a resistir a el empuje de la bóveda.

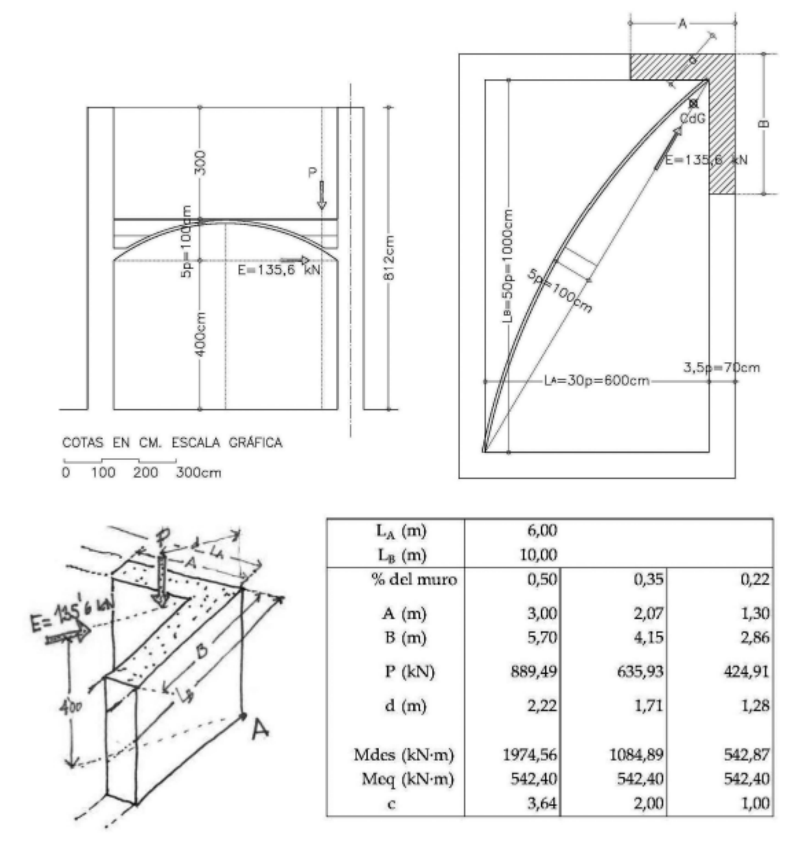
Planteando un análisis similar pero con un área menor de muro, obtenemos los siguientes resultados (ver tabla abajo a la derecha, en figura 5)



Carga permanente con bóvedas.

Peso propio de la bóveda con tablero de enrasado...	80 kg/m.²
Peso propio de pavimento de mosaico.	30 »
TOTAL...	110 kg/m.²

Figura 4
A la izquierda, bóvedas construidas por Ignacio Bosch Reitg: doble curvatura, tabiques dobles en las esquinas y enrasado con tablero de ladrillo superior. A la derecha, peso propio de esta solución constructiva, que es muy parecida a la empleada por Renart en la casa de Narciso Plandolit (Bosch Reitg 1949)



L_A (m)	6,00		
L_B (m)	10,00		
% del muro	0,50	0,35	0,22
A (m)	3,00	2,07	1,30
B (m)	5,70	4,15	2,86
P (kN)	889,49	635,93	424,91
d (m)	2,22	1,71	1,28
Mdes (kN·m)	1974,56	1084,89	542,87
Meq (kN·m)	542,40	542,40	542,40
c	3,64	2,00	1,00

Figura 5
Análisis biridiccional de una bóveda en la vivienda de Narciso Plandolit. Arriba, planta y sección. Abajo, esquema de cálculo y tabla de resultados (dibujo de la autora)

- Para conseguir un coeficiente de seguridad de 2,00 necesitamos la colaboración de un 35% de la longitud del muro hacia cada lado de la esquina
- Para coeficiente 1 (equilibrio estricto) basta con que colabore el 22% del muro hacia cada lado de la esquina.

Comparativa y conclusiones

Como resumen, se expresan en forma de tabla las relaciones entre luz cubierta y ancho de estribo propuestas por Fray Lorenzo en 1639 (tabla 3) y por Josep Renart en 1810 (tabla 4). Como ya se ha adelantado en el apartado anterior, son muy diferentes.

¿Por qué son tan distintas las proporciones de Renart que las indicadas por Fray Lorenzo? Ambos son constructores experimentados, no teóricos de la arquitectura. Ambos construyen bóvedas tabicadas «tradicionales», de ladrillos recibidos con yeso. No utilizan cemento ni atirantamientos metálicos.

Pero las reglas proporcionales, como las que formulan Fray Lorenzo y Renart, no suelen ser universales, sino válidas para una situación concreta. Las de Fray Lorenzo están pensadas para los edificios que construía, para los que funcionan bien, incluso con un exceso de seguridad, como se ha explicado más arriba

Los ejemplos que cita Renart en su manuscrito son diferentes: la bóveda del coro de la iglesia del Pino y la casa de campo de Narciso Plandolit. En ambos casos son rebajadas y con curvatura en dos direcciones: baída, con flecha L/4 en la iglesia del Pino y de perfil imperial, con flecha L/6 en la casa de Narciso Plandolit. Además, ninguna está situada en cubierta: la de

Tipo de bóveda	Estribo necesario
Tabicada, sin contrafuertes	L/5
Tabicada con contrafuertes (muro)	L/8
Tabicada con contrafuertes (contrafuerte)	L/4

Tabla 3
Dimensiones que deben tener los estribos para bóvedas tabicadas de diferentes formas, según San Nicolás (1639)

Tipo de bóveda	Estribo necesario
Medio punto sin lunetos	L/10
Medio punto con lunetos	L/11
Rebajada (f=L/6) sin lunetos	L/9
Rebajada (f=L/6) con lunetos	L/10
Media naranja de medio punto	L/10
Media naranja rebajada	L/9
Bóveda baída, bóveda de arista, esquifada medio punto	L/10
Bóveda esquifada medio punto, con lunetos	L/12
Bóveda esquifada rebajada	L/9
Bóveda esquifada rebajada, con lunetos	L/11
Bóveda elíptica, en «cielo de coche», rebajada (f=L/7)	L/9

Tabla 4
Dimensiones que deben tener los estribos para bóvedas tabicadas de diferentes formas, según Renart (ca. 1810)

la iglesia del Pino es un coro y la de Narciso Plandolit es el salón de su casa y tiene al menos una planta encima:

> En la torre o casa de campo de Don Narciso Plandolit (…) se hizo bajo mi dirección una bóveda a vuelta de coche a la española, en el salón de su casa encima de unas paredes de tapia de 3 palmos y ½ de ancho, de 50 palmos de largo y 30 de ancho y 5 de montea, con tres capas de ladrillo y enladrillado por encima en donde continuamente sirva para poner diferentes frutos de dicha heredad (Renart, 4º Quincenario, 80)

Además de la doble curvatura, la forma en que Renart construye estas bóvedas refuerza su comportamiento bidireccional. Tanto en el texto de sus *Quincenarios* como en alguno de los escasos dibujos que incluye, se insiste en que las lengüetas deben coincidir en la diagonal, incluso cuando eso supone forzar mucho las distancias entre ellas, ver figura 6.

> la bóveda baída empuja en los ángulos (…). Las bóvedas en pastera, esquifadas o en rincón de claustro o que formen como un cielo de coche a la españoleta empujan en todas las partes de su ámbito y aunque es verdad que en todo alrededor de ella se han de hacer lengüetas o estribos de en seis palmos (…) se ha de fortificar más en el rincón de ellos con un estribo a cada lado y llenar el hueco de entrambos en dicho rincón de yeso y piedras, más allá de los tercios, como hicimos en la boveda (..) a Don Narciso de Plandolit (Renart, 4º Quincenario, 28–29)

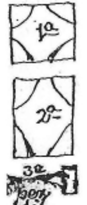




Figura 6
Situación y manera de construir las lengüetas en bóvedas tabicadas. A la izquierda: cuartel de las Atarazanas, con contrabóvedas en las esquinas (Renart, 60). A la derecha, coro de la Iglesia del Pino: lengüetas siguiendo la pendiente y contrabóvedas por encima. Esta bóveda es en planta un rectángulo muy desigual (85 × 28 palmos), a pesar de ello Renart hace coincidir las lengüetas en la diagonal, para reforzar los ángulos (Renart, 61).

A la vista de todo lo anterior, se puede concluir que las reglas de Renart, aunque aparentemente más arriesgadas que las de Fray Lorenzo, son válidas para los edificios que construía: proporciones H/L menores, bóvedas situadas en las plantas inferiores de los edificios y comportamiento bidireccional, debido a la geometría de las bóvedas y a la forma en que las construía, con lengüetas en las diagonales muy rígidas que dirigen el empuje hacia las esquinas.

Notas

1. El más completo desarrollo de las reglas de proporción empleadas en estructuras de fábrica, puede consultarse en Huerta (2004, 2ª parte)
2. Todos los autores y tratadistas, empezando por Fray Lorenzo, son muy insistentes en la necesidad de macizar los riñones hasta 1/3 de la altura de la bóveda y construir lo que llama «lengüetas» (costillas de ladrillo por el extradós) hasta 2/3 de la altura. Fray Lorenzo es consciente de la función estructural de estos elementos y así lo observa en varios puntos de las descripciones del proceso de ejecución de las distintas bóvedas: a trechos en las de cañón (San Nicolás 1639, folio 91v), radiales en las medias naranjas (San Nicolás 1639, folio 94), y siguiendo la diagonal en de arista (San Nicolás 1639, folio 96v). Estos recursos son especialmente importantes en las bóvedas tabicadas, ya que incrementan su pequeño espesor con un material de comportamiento similar al ladrillo, lo que les permite resistir cargas móviles, concentradas, asimétricas, etc.
3. Atanasio Briguz y Bru fue arquitecto y en 1738 publica en Valencia el tratado *Escuela de Arquitectura Civil.*
4. Juan García Berruguilla fue un arquitecto, cartógrafo y matemático español del siglo XVIII, natural de Granada. Se dedicó principalmente a la inspección de obras y proyectos. Escribió en 1747 un libro de geometría para arquitectos y agrimensores. Este tratado habla poco de construcción, únicamente en el último capítulo, dedicado a las reglas sobre los estribos de los arcos.
5. Antonio Plo y Camín fue arquitecto. Su obra más destacada fue la iglesia de San Francisco el Grande de Madrid, en la que intervino para cerrar la cúpula, la mayor de España, con 33 m de diámetro (Huerta, 2004). Su reconocimiento público era muy amplio, y destacó como tratadista de arquitectura, con su obra El Arquitecto Práctico, Civil, Militar, y Agrimensor, dividido en tres libros y publicado en 1767
6. El peso específico de 18 kN/m3 es el que se indica en la normativa actual para ladrillo macizo; este dato no puede variar mucho con el tiempo, por eso se ha utilizado tal cual. En cuanto al muro, puede ser de ladrillo o

de sillería con un relleno en su interior. En este último caso, quizá el peso sería algo mayor de los 18 kN/m3 considerados, pero difícil de estimar. El valor empleado va un poco a favor de seguridad.
7. Aunque un edificio es teóricamente estable si la línea de empujes está contenida en el espesor del muro, cuando la línea se acerca al borde el estribo puede girar ligeramente abriéndose en la zona superior. Esta apertura de los apoyos produce grietas en la bóveda e incluso su derrumbe, además de incrementar el empuje sobre el muro. Estos coeficientes de seguridad tan elevados mantienen el muro sin desplomes y evitan estos problemas (Huerta 2004, 104–126)
8. Con este maestro Pedro Peña, que en este pleito opina como él, tuvo Fray Lorenzo otras desavenencias, ya que Pedro de la Peña critica algunos aspectos de la primera parte de su tratado (San Nicolás 1639), y Fray Lorenzo responde a sus críticas al inicio de la segunda parte (San Nicolás 1663, 2–21). Una de las críticas se refiere en concreto al tamaño y la necesidad de colocar estribos en las iglesias: «quien me podrá negar, que ha de tener el Templo, ò muy gruessas paredes, ò estribos? Y todos los que no han guardado en sus edificios estas reglas, las ruinas de ellos lo han manifestado; y aunque pudiera yo referir algunos descuidos de Pedro de la Peña» (San Nicolás 1663, 11)
9. Un estudio exhaustivo de Josep Renart y de los cambios experimentados en la forma de construir de Barcelona a finales del s. XVIII se puede encontrar en Rosell (1996). También allí está trascrito completo el 4º Quincenario de Josep Renart, dedicado a materiales y técnicas de construcción, que se estudia en este apartado
10. También en Rosell (1996) se relata la formación intelectual de Josep Renart y los libros que manejaba. En la introducción de su 4º quincenario, cita como influencias a Milizia, Daviler, Bails y Belidor. En la parte dedicada a las bóvedas tabicadas se ve claramente la influencia de Benito Bails (1796).
11. A Espie lo conoce a través de la traducción de Sotomayor (1776), de la que cita textos literalmente. Según se indica en Rosell (1996), Renart había leído la traducción de Sotomayor a través de otro autor que lo reproduce: Francesc Vidal y Cabassés, en un libro titulado *Conversaciones instructivas en que se trata de fomentar la agricultura por medio de riegos*, publicado en Barcelona en 1778.
12. El propio Renart hace referencia a esta diferencia: hablando de bóvedas de cantería en forma de cañón seguido, propone un ancho de estribo entre L/2 y L/4, en función de la forma del arco. Pero más adelante, Renart propone un ancho de estribo mucho menor: L/7, indicando que es válido para bóvedas baídas, esquifadas o de arista: «El empuje de las bóvedas baídas o bufadas de rosca de mahones y de sillería será en sus paredes y en sus rincones de las paredes y ángulos pilares, el séptimo de su ancho» (Renart, 4º Quincenario, 71).
13. Este valor es difícil de estimar. Renart indica que la planta de arriba es un almacén para los frutos de la finca. Se toma 200 kg/m2 como el valor actual de sobrecarga de uso en vivienda.

Lista de Referencias

Bails, B. 1796. *Elementos de Matemáticas. Tomo IX. Parte I. Que trata de la arquitectura civil.* Madrid: Imprenta de la Viuda de Joachim Ibarra. Facs. ed. Murcia: C.O. de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1983.

Bosch Reitg, Ignacio. 1949. La bóveda vaida tabicada. *Revista Nacional de Arquitectura.* : pp.18599.

Brizguz y Bru, A. G. 1738. *Escuela de Arquitectura Civil, en que se contienen los ordenes de Arquitectura, la distribución de los planos de templo y casas, y el conocimiento de lo materiales.* Valencia: Oficina de Joseph de Orga. Edición fasc. Zaragoza: Colección Arquitecturas de los Precursores, COA de Aragón, 1992.

Espie, F.-F., comte d'. 1754. *Maniere de rendré toutes sortes d'edifices incombustibles, ou traié sur la construction des voltes, faites avec des briques el du platre, dites voutes plates, et d'un toit de brique, sans charpente, appelé comble briquette*. Paris: Vve. Duchesne.

García Berruguilla, J. 1747. *Verdadera práctica de las resoluciones de la Geometría*...Madrid: Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados. Facs. ed. Murcia: C.O. de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1979.

Huerta Fernández, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Marías, F. 1991. «Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI». *Les chantiers de la Renaissance.* J. Guillaume (ed.). París: Picard: pp. 7183.

Plo y Camín, A. 1767. *El arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor, dividido en tres libros…El II (contiene) la práctica de hacer y medir todo género de bóbedas y edificios de arquitectura*. Madrid: Imprenta de Pantaleón Aznar. Facs. ed. Valencia: Librería Paris-Valencia, 1995.

Redondo Martínez, E. 2013. La boveda tabicada en España en el siglo XIX. Tesis doctoral. Departamento de Estructuras de la Edificación. ETSAM. UPM

Renart, J. *4º Quincenario*. Manuscrito inédito, ca. 1810. Barcelona.

Rosell, J. 1996. *La construcció en l'arquitectura de Barcelona a finals del segle XVIII.* Tesis Doctoral presentada en el Departamento de Composició Arquitectónica de la ETSAB.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639. *Arte y uso de arquitectura. Primera parte*. Madrid: s.i. Fasc. Madrid: Albatros Ediciones, 1989.
San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1663. *Arte y uso de arquitectura. Segunda parte*. Madrid: s.i. Fasc. Madrid: Albatros Ediciones, 1989.
Sotomayor, J. de. 1776. *Modo de hacer incombustibles los edificios sin aumentar el coste de la construcción. Extractado del que escribió en francés el Conde de Espié.* Madrid: Oficina de Pantaleón Aznar.

La trayectoria tecnológica de la prefabricación en la construcción escolar en Francia (1951–1973)

Aleyda Reséndiz Vázquez

La propuesta se refiere a la historia de la prefabricación en la construcción escolar en Francia. Desde el final de 1940 el Ministerio de la Educación Nacional se compromete con la industrialización de la construcción. En 1956 se crea la Dirección del Equipamiento Escolar, Universitario y Deportivo quien aplica a su equipamiento la política nacional de industrialización de la construcción. En 1964 se crea el «sector industrializado» para el equipamiento escolar. Desde principios de 1970 con la coyuntura económica y social, además de eventos como el incendio de 1973 del colegio Pailleron, prefabricado, determinan el fin de la prefabricación escolar. Así, la trayectoria tecnológica de la prefabricación se extiende prácticamente de 1951 a 1973 y se subdivide en dos periodos. En el primer periodo (1951–1962) se crean prototipos y el programa de comandas agrupadas, en este período los arquitectos son los autores de los proyectos y los responsables de la construcción escolar; el segundo periodo (1964–1973) corresponde al desarrollo del sector industrializado y al programa de «modelos» en donde diversos sistemas constructivos prefabricados (*procédés*) en concreto y en acero, son implementados, y en donde cada conjunto de arquitecto-constructor-empresa está representado por un *procédé*.

El cruce de diversas fuentes (revistas, archivos, documentos técnicos) manifiesta la relación de diferentes actores (arquitectos, educadores, industriales, empresarios, constructores), así como la naturaleza de los sistemas de construcción prefabricados. Este recorrido pone de manifiesto dos lógicas opuestas: por un lado, serie y volumen; por otro, diversidad y flexibilidad.

Introducción

Los años comprendidos entre 1945 y 1975 son en Francia caracterizados por una intensa producción en el sector de la construcción. En un periodo de treinta años, conocido en Francia como los «treinta gloriosos», el gobierno asegura las condiciones económicas para la puesta en marcha de un sistema apto para la construcción industrializada.

Inicialmente se vive un premier periodo de «reconstrucción» del equipamiento y del hábitat destruidos, durante las dos guerras mundiales. Después, a partir de 1955, una vez la situación de urgencia superada (Vayssière 1988), el país se recupera y empieza un periodo de crecimiento que durará hasta mediados de los años 1970.

En el periodo de la reconstrucción, es bajo el concepto de «modernización» que las infraestructuras económicas, técnicas y productivas condicionan la configuración del aparato administrativo francés. Bajo la tutela del Estado, en el periodo de la Reconstrucción, los poderes técnicos pusieron en marcha diferentes mecanismos de productividad: agregación de procedimientos de construcción, obras experimentales, concursos.

Al igual que el sector de la vivienda, el de la Educación Nacional, se enfrentó a una gran necesidad de

construcción de edificios escolares de todos los niveles. Se tenía la necesidad de responder rápida y económicamente, bajo condiciones de falta de mano de obra y de materiales. La solución fue la industrialización de la construcción, específicamente, la prefabricación (Reséndiz 2010). Tarea que fue realizada por el Ministerio de la Educación Nacional, en un primer momento por su servicio de construcción y por la dirección de Arquitectura, después, a partir de 1956, por la Dirección del Equipamiento Escolar Universitario y Deportivo (DESUS por sus siglas en francés DESUS).

La DESUS puso en marcha los procedimientos técnicos y de gestión dentro de la política nacional de la industrialización de la construcción. Tuvo como misión favorecer los diferentes procedimientos de construcción prefabricada, utilizados posteriormente a lo largo del territorio francés sobre todo en la construcción de colegios, liceos e institutos universitarios (Reséndiz 2016).

La política nacional en favor de la prefabricación de la construcción concernió a todos los niveles de educación. Los primeros parámetros de la prefabricación (estandarización y normalización) fueron experimentados en la Educación primaria, sin embargo, se concretizaron la Educación secundaria, debido a una reforma educativa que tuvo lugar en los años 1960. La misma política constructiva que se instauró para el Educación secundaria se intentó también en la Educación técnica, sin éxito debido a la poca cantidad de edificaciones de este tipo. La Educación superior, centralizada (contrario al resto de la educación) se convirtió en un buen terreno para la prefabricación (Reséndiz 2016).

En 1964, se estableció el «sector industrializado», en donde, en los primeros años, los procedimientos metálicos prefabricados fueron prioritarios; después los prefabricados en concreto ganaron el terreno. En 1970, Jacques Minot declara: « La Educación Nacional es, actualmente, el más grande constructor de Francia» (Minot 1970), actividad que no era su vocación. Sin embargo, en estos mismos años, la coyuntura económica y social francesa, asociada a eventos específicos como el incendio de un colegio prefabricado en 1973, interrumpió drásticamente la política de construcción.

De 1967 a 1973, la cantidad de las construcciones disminuye. En 1967 comienzan las intervenciones de la Administración en favor de la innovación. Es un periodo que pone en duda la construcción en masa en favor de otros principios: flexibilidad, calidad, confort…. Es el fin de la prefabricación industrializada y el comienzo de grandes cuestionamientos sobre su productividad.

Primer periodo (1951–1962)

Desde finales de 1940, el ministerio de la Educación Nacional se compromete con lo que se convertirá en un largo camino hacia la industrialización de la construcción. Una de las primeras acciones fue un concurso para la realización de escuelas prefabricadas realizado en 1947 (figura 1).

Sin embargo, es hasta el periodo 1951–1962 que son puestas en práctica las primeras políticas *industrialistas* de prefabricación. Es un periodo que corresponde a los dos primeros planes del Equipamiento escolar. En 1951 fue creada la comisión del plan del equipamiento escolar, universitario y deportivo, en conjunto con la creación de los primeros medios de productividad de la prefabricación por el Ministerio de la Educación Nacional los cuales se desarrollaron en los diez años siguientes: de la definición de los primeros esquemas tipos en 1952 al concurso «Concepción-construcción» en 1962 (Reséndiz 2016).

Las primeras acciones

El primer plan del equipamiento escolar, el de 1952, lanza un concurso donde participan alrededor de cuarenta empresas para la construcción de grupos escolares de Educación primaria. Este concurso está dirigido a las empresas « […] que parecen calificadas para la construcción en serie»[1] tal como lo menciona el grupo técnico de este primer plan del equipamiento escolar. Para este concurso la elección del método y de los materiales de construcción es libre, es decir, podían ser sistemas constructivos tradicionales o prefabricados, lo que importaba en este caso era el precio. Las empresas reafirman su respaldo a los métodos industrializados y el Ministerio considera que para construir rápidamente y a bajo consto, se deben orientar hacia la industrialización de la construcción.

A principios de los años 1950, Una comisión interministerial, selecciona veinte proyectos «para el estudio y perfeccionamiento de tipos estándar de edifi-

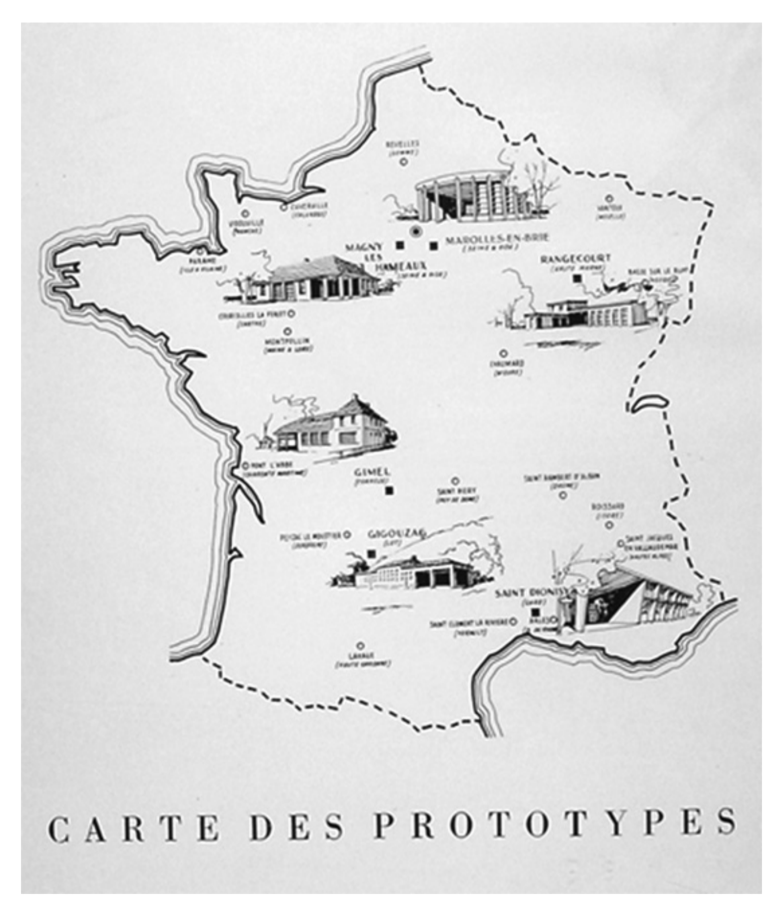


Figura 1
Carta de prototipos del concurso de 1947 (Ministre de l'Education Nationale, Secrétariat d'Etat aux Beaux-Arts 1951, 6)

cios escolares […]»[2], de los cuales, la comisión selecciona seis para ser generalizados. Estos proyectos serán realizados por los arquitectos «elegidos entre los más reputados y los calificados por sus realizaciones anteriores, principalmente en materia de construcciones escolares […]»; y son: Jacques Berge, Claude Mazet, Pol Abraham, André Croizé, el equipo Robert Camelot y Bernard Lafaille, el equipo de arquitectos Dhuit-Drouin et Storez. Estos proyectos se convirtieron en la base de los «proyectos tipos» del Ministerio de la Educación Nacional. En 1951, el Ministerio de la Educación Nacional edita el folleto «Ecoles prototypes» (de Educación primaria) que presenta seis prototipos de los cuales cuatro contienen elementos prefabricados (Reséndiz 2016).

La serie por continuidad

El problema de la prefabricación industrializada en el mercado escolar fue encontrar una cantidad de construcciones concentrada, que justificara la utilización de métodos industrializados. Las construcciones escolares, a diferencia del mercado de vivienda, son dispersas y mucho más pequeñas; entonces, para el primer plan del ministerio de la educación (1952), el desafío consistió en encontrar series de edificios que pudieran incorporar elementos prefabricados. El primer medio que se propuso con este fin fue la estandarización de tipos; «No hay que olvidar que nos encontramos, en el caso de las construcciones escolares, frente a un problema técnico nuevo, el de

la construcción en serie aplicada a obras muy dispersas»[3]. La búsqueda de la serie por medio de la estandarización y de la normalización devino en la realización de «esquemas tipos» bajo una norma modular de 1,75 m establecida por el ministerio de la Educación Nacional en 1952. La trama basada en este módulo se convierte en el principio de composición de los esquemas tipos y uno de los principales medios de normalización dimensional y pedagógica (*i.e.* número de clases, tipo de clases).

Agrupación

La experiencia llevada a cabo en las zonas rurales por medio de los proyectos tipos certificados se extiende a las grandes aglomeraciones por un procedimiento que llevó el nombre de «comandas agrupadas».

> Al principio, es necesario poner en marcha una estructura que asegura al mismo tiempo la centralización de la concepción, ya que la agrupación supone una absoluta similitud de las concepciones, y la descentralización de la puesta en obra y de la ejecución[4].

El procedimiento de comandas agrupadas consiste en construir dentro de una zona geográficamente determinada una serie de escuelas bajo la tutela de un ejecutor único y de un arquitecto coordinador quien define los elementos tipos y la organización administrativa y técnica de la ejecución. Varias comandas fueron agrupadas a lo largo del territorio francés en este sub-periodo.

En este primer sub-periodo (1951–1962), los medios de productividad adoptados fueron los proyectos tipos y las comandas agrupadas, los cuales fueron experimentados en las escuelas primarias, con el objetivo de asegurar una repetición de las técnicas de construcción. En estos programas, el Estado no es todavía el maestro de obra sino el promotor de estos medios. El agrupamiento, por la continuidad en el tiempo y no únicamente en el espacio, debía dar la posibilidad de la utilización de técnicas de construcción industrializadas.

Las experiencias probadas en este primer periodo en las escuelas primarias, serán ensayadas, en el periodo posterior (1964–1973), en las escuelas secundarias y en la enseñanza técnica. La experimentación de la serie que se desarrolla en este sub-periodo será puesta en marcha en el periodo siguiente bajo la dirección de la DESUS en el seno del Ministerio de la Educación Nacional.

Segundo periodo (1964–1973)

En este segundo periodo se llevan a cabo diferentes políticas técnicas puestas en experimentación por el Ministerio de la Educación Nacional: el concurso concepción-construcción, el sector industrializado (o campaña de Estado), los modelos y al final del periodo los sistemas constructivos.

Continuidad técnica

En 1959 el «Grupo de trabajo para el estudio de la industrialización y el crecimiento de la productividad de la construcción» exprime la necesidad de lograr una continuidad de los equipos y de las técnicas de construcción, es decir de garantizar la repetición de las operaciones de construcción para poder poner en marcha la construcción prefabricada e industrializada.

El tercer plan del equipamiento escolar (1962–1965) expone que uno de los problemas de la puesta en marcha de la industrialización en el sector escolar es la dispersión de obras. Las nociones de continuidad, en el espacio y en el tiempo, así expresadas en los dos primeros planes del equipamiento escolar, se concretizaron en este segundo sub-periodo bajo el concepto de *continuidad técnica* (operaciones idénticas), « (…) primera condición de toda producción industrial» (*Commisariat général du Plan, Commission de l'Industrie, Comission de l'Habitation* 1971, 103) y de *continuidad de ejecución* (operaciones sin interrupción).

Ante los problemas que presentaba el desarrollo de la prefabricación industrial en el sector escolar se implementaron acciones concretas (Reséndiz 2010a) que se llevaron a cabo en la Educación secundaria (sector piloto):

1) Centralización de la comanda;
2) Reconducción de mercados;
3) Implementación de la coordinación dimensional;
4) Utilización de la fórmula de concurso «concepción-construcción».

Para asegurar un volumen importante de construcción, se debió, primero, reunir la gestión del conjunto de créditos y el control técnico de los proyectos, así como unificar la reglamentación y simplificar los procedimientos administrativos existentes; es decir, se debió centralizar la comanda.

El tercer plan del equipamiento escolar recomienda mercados incondicionales de larga duración, aplicados a una serie de operaciones, en un sector determinado, garantizando así la reconducción del mercado.

La normalización, como mecanismo de prefabricación, ya desde el primer sub-periodo presentó acciones a través de la implementación de la trama modular de 1,75 m y de la realización de esquemas tipos, acciones que se siguieron impulsando en este segundo sub-periodo.

El grupo técnico del tercer plan del equipamiento escolar, proponen como medida de productividad, la asociación de la concepción a la empresa constructora, bajo la fórmula «concurso concepción-construcción».

De esta manera, la centralización de la comanda garantizaba la continuidad en el espacio, la reconducción del mercado suponía la continuidad en el tiempo y las herramientas de normalización sintetizaban los principios de continuidad técnica. Entonces, llegó el momento de poner en marca los procedimientos de consultación y de selección de las empresas que pondrán en práctica estos principios. El primer procedimiento adoptado por el Ministerio de la Educación fue el concurso «concepción-construcción». El primer concurso fue lanzado en 1962 y será sustituido dos años después por la «Campaña de Estado» o mejor conocido como «Sector industrializado».

> Este concurso tenía por objetivo encontrar las soluciones de construcción que presentarán, en el ámbito de la calidad, de la economía y de la rapidez de la puesta en obra, ventajas indiscutibles con respecto a las técnicas habitualmente empleadas en materia de construcción escolar de la Educación secundaria[5].

En 1964, la revista francesa *Techniques et Architecture* publica un número especial de concurso, en donde, de los 18 equipos ganadores, 12 son sistemas constructivos en concreto y 5 son metálicos (Ponssard, Pouvourville 1982). Es con estos sistemas constructivos ganadores que serán construidas las operaciones de 1963 y 19646[6].

«Procédés»

En el primer periodo, de 1951–1962, los arquitectos fueron los autores de los proyectos y los responsables de la construcción escolar. En este segundo subperidodo, cada conjunto de arquitecto-buro de estudios-empresa estuvo representada por un «Procédé».

La noción de «procédé» no caracteriza solamente las técnicas y los materiales, sino también sintetiza la política de Estado de la industrialización de la construcción. Los *procédés* agrupan los diferentes actores del proceso de construcción: arquitectos, ingenieros, industriales, empresas y buros de estudios, es decir agrupan tanto la concepción arquitectónica y sus medios de realización. Un *procédé* es entonces un sistema definido por el conjunto de elementos materiales (los componentes prefabricados, las técnicas de construcción, los métodos de concepción y de realización así como sus medios de producción). Los *procédés* prefabricados utilizados en la construcción escolar corresponden a diferentes tipologías: en concreto (total, pesada, semi-total y semi pesada), en acero (total, ligera, semi-total y ligera) y mixta (Reséndiz, 2010).

De unos trescientos equipos de empresas, arquitectos y buro de estudios, que participaron en el concurso concepción-construcción de 1962, la revista francesa *Techniques et architecture*, en 1964, publica los 19 equipos ganadores. La mayoría de los equipos ganadores proponen procedimientos prefabricados (*procédés*) de construcción en diferentes formas:

- Total, pesada y cerrada;
- Parcial con elementos prefabricados ligeros;
- Total, ligera y cerrada;
- Mixta: concreto-acero;
- Prefabricación a pie de obra;

Sector industrializado

Entre 1964 y 1973, el principal procedimiento que dio lugar a la construcción industrializada y prefabricada del sector escolar fue el «sector industrializado», que derivo del concurso concepción construcción de 1962 proponiendo la creación de «modelos».

El «sector industrializado», en el sector de la vivienda, tenía ya más de una década de funcionamiento; en el sector escolar es lanzado hasta 1964, en donde será reconocido como la «campaña de Es-

tado» (Pouvourville 1979). El sector industrializado como lo señala Laine, tuvo « […] durante largo tiempo una connotación tanto como una técnica de construcción como un procedimiento administrativo» (1996, 188).

De 1964 a 1983, es mediante este procedimiento que el ministerio de la Educación Nacional se convierte en el más grande constructor del país. El periodo de máxima productividad constructiva del sector escolar fue conocido como «un colegio por día»; sobre todo, es hasta 1973 en donde realmente hay un auge constructivo, ya que en este año diferentes hechos cambiarán la tradición ya industrial de la arquitectura y de la construcción escolar. En 1966, el Estado decide un programa de soporte a la industria siderúrgica, gracias a la cual los ganadores del concurso, utilizando procedimientos constructivos metálicos, serán los acreedores de las operaciones de construcción (Pourvourville, 11).

> […] los sistemas pesados y demasiado rígidos, que parten un gran centro de producción, se adaptan mal a las constantes de la construcción escolar. […] La prefabricación en efecto deber ser en la mayoría de los casos o foránea o ligera, o aún mejor basada en el empleo, en sitio, de encofrados de calentamiento para la ejecución de estructuras portantes monolíticas […][7]

En 1968, en un número especial del cotidiano *Les Echos*, sobre la «construcción industrializada», en un artículo titulado «Test fundamental: la industrialización de la construcción escolar» se asegura que es hasta este entonces cuando verdaderamente inició la industrialización de la construcción. Esta experiencia pone « […] las condiciones que hasta entonces no habían sido reunidas»[8]: un cliente (el MEN) y las empresas interesadas en este concurso.

En la campaña industrializada de 1965, los procedimientos constructivos metálicos, son un monopolio del sector educativo, realizando la totalidad de las operaciones de construcción. Un año más tarde, las empresas de procedimientos en concreto o mixtos (concreto-acero) entran en el mercado. En 1967, los procedimientos constructivos en concreto igualan a los procedimientos metálicos. En 1968, las empresas de concreto doblan a las metálicas. En 1979, encontramos el número máximo de empresas certificadas: 37, de las cuales 9 son metálicas. En 1974, quedan solo 4 empresas de metal contra 24 empresas de concreto (Reséndiz 2010a).

Tipologías de prefabricación

Diferentes tipologías de prefabricación fueron utilizadas en el sector industrializado. Reséndiz (2010) clasifica estos procedimientos en siete tipologías:

1. Prefabricación total, cerrada y pesada. Son sistemas en donde los muros, las fachadas y los plafones son prefabricados de grandes dimensiones, en concreto armado prefabricado en fábrica.
2. Prefabricación semi-total y semi-pesada; incorpora elementos ligeros a los elementos prefabricados pesados o elementos prefabricados a pie de obra.
3. Prefabricación parcial y semi-ligera; donde los elementos prefabricados predominantes son las fachadas y los plafones y el material principal es el concreto.
4. Fachadas prefabricadas.
5. Prefabricación total y ligera, «la más industrial». En acero principalmente.
6. Prefabricación semi-total y ligera. Los elementos son parcialmente prefabricados en acero.
7. Prefabricación mixta. Combinan elementos prefabricados metálicos con elementos pesados o ligeros en concreto armado.

De los modelos a los componentes

El 4º Plan del Equipamiento escolar para el periodo 1966–1970 es contradictorio en cuanto a su postura frente a la industrialización[9]. Por un lado, sigue sosteniendo la política industrialista, por otro, pone en duda los resultados arquitectónicos de la prefabricación. Además, pondera la prefabricación cerrada y pesada (de modelos) en favor de la prefabricación abierta y ligera (de componentes).

> La noción de modelo ella misma necesita estar bien definida. No se trata de un *procédé* de industrialización y menos aún de prefabricación. Es un proyecto de «construcción tipo», elaborado, afinado y presentado por tres partes: uno o más arquitectos, un buró de estudios técnicos, una empresa o un grupo de empresas[10].

Esta «nueva» política técnica, adoptada por el 4º plan del equipamiento escolar. «Los programas-tipos

(…) deben ser traducidos en 'modelos' que serán indefinidamente repetidos, según las exigencias de adaptación locales»[11].

Los «modelos» son, por un lado, el clímax de la buscada industrialización, por otro, son el símbolo del fracaso de la industrialización. El «modelo» concebido en función de un sistema constructivo, es un proyecto abstracto. No hay relación en la fase de concepción, entre el proyecto y el lugar de la construcción. La concepción arquitectónica es realizada sin la consideración de la situación local, lo que excluye la consideración de toda característica de orden cultural, social y medioambiental. Además, el modelo prohíbe toda modificación: « […] el proyecto debía entrar en el molde del proyecto tipo sin intentar integrar ninguna particularidad local» (Duclos 1982, 81).

> Es difícil imaginar peores monstruos que eso a lo que llaman escuelas, liceos, CES, y que crecieron de 1960 a 1970 como hongos venenosos, sobre laderas, en la periferia de las ciudades y en los linderos de los poblados[12].

El fin

> Desde LE CORBUSIER sobre todo, los discursos se multiplicaron sobre la industrialización de la construcción, sumando las propuestas más audaces y las lamentaciones más profundas de diversos tipos de arquitectos, con las crisis de victoria de ciertos profesionales, en la constatación del fracaso de ciertas medidas, por ejemplo de los concursos y los modelos (Ascher y Lacoste 1972,3).

Al inicio de los años 1970, el mercado de la construcción presenta, por primera vez desde el fin de la Segunda Guerra Mundial, cambios en la oferta y la demanda: disminución de necesidades de construcción, reducción del tamaño de las obras, exigencias de calidad y mejoras. Durante el periodo de crecimiento económico, es decir el de nuestro periodo de estudio, las ganancias de productividad se basaban en economías de escala. Sin embargo, en condiciones de mercado y de contexto diferentes, el desarrollo de nuevos principios de productividad se presentaba necesarios. «La concepción tradicional de la industrialización fundada sobre la lógica de grandes series, de estandarización y de repetitividad aparece desde ahora inadecuada» (Campagnac, Bobroff y Caro 1990, 3). Frente al nuevo tipo de mercado de la construcción, más pequeño y disperso, se sometía entonces la pregunta de nuevas formas de organización, así como de adaptación de técnicas más adecuadas a este nuevo régimen de producción fundada sobre la «variabilidad».

En 1973, un colegio, construido con un procedimiento industrializado se incendia, hecho que convierte completamente la política técnica del Ministerio. Hay, para la industrialización «un antes y un después de Pailleron»[13] (figura 2).

El colegio Edouard Pailleron en Paris, fue destruido por el fuego el 6 de febrero de 1973, veinte muertos. Construido con el procedimiento constructivo metálico. Para Antoine Prost (2007) el error que provocó el incendio se encuentra tanto en la concepción como en la realización.

> […] es ante todo el sistema constructivo el que está en causa. Las estructuras en acero, mal protegidas, se fundieron con una rapidez inaceptable, y el fuego se propago sin ningún obstáculo por los vacíos de los falsos plafones. Las construcciones industrializadas no son solamente feas y pobre, también son asesinas (Prost 2007, 46).

Sin embargo, a pesar de los hechos y de la nueva perspectiva en el mercado de la construcción, una última tentativa de construcción industrializada es puesta en marcha entre 1970 y 1983: los sistemas constructivos.



Figura 2
Colegio Edouard-Pailleron el 6 de febrero de 1973. Fuente: «Un sujet toujours brûlant», *Les dossiers du Canard (Ecole : le dérapage ! Du B.A. BA au bac),* no. 15, abril 1985, p. 65.

Notas

1. COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN DE MODERNISATION ET D'EQUIPEMENT (CGPME), COMMISSION DU PLAN D'EQUIPEMENT SCOLAIRE UNIVERSITARIE, SCIENTIFIQUE ET ARTISTIQUE, HENRY C. (rapporteur), *Rapport du groupe de travail No. 4 : Technique et coût de la construction de Juin de 1952*, Archivos Nacionales de Francia, Centro de archivos contemporáneos, 780522/F17BIS22915/41763,1952, p. 48.
2. LAFAILLE B., CAMELOT R., *Les constructions scolaires.* École type IETP (Breveté SGDG) Modèle agréé, Commission interministérielle, loi du 12 septembre 1948. Bureau de coordination d'entreprises, Institut d'Etudes Techniques et Professionnelles, 20 rue Saint Didiers, Paris, Archivos del Instituto Francés de Arquitectura (IFA) LAFBE/Q/49/1–109, n.p.
3. COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN DE MODERNISATION ET D'EQUIPEMENT (CGPME), COMMISSION DU PLAN D'EQUIPEMENT SCOLAIRE UNIVERSITARIE, SCIENTIFIQUE ET ARTISTIQUE, HENRY C. (rapporteur), *Rapport du groupe de travail No. 4: Technique et coût de la construction de Juin de 1952*, archivo citado, p. 36.
4. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, SECRÉTARIAT D'ÉTAT AUX BEUX-ARTS*, Écoles prototypes (du premier degré). Brochure du MEN, Paris: Publications du Centre national de documentation pédagogique, 21 déc. 1951*, Archivos del Instituto Francés de Arquitectura (IFA), LAFBE/Q/49/1–109, p. 7.
5. COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN, COMMISSION DE L'EQUIPEMENT SCOLAIRE UNIVERSITAIRE, SCIENTIFIQUE ET ARTISTIQUE, *Rapport sur l'exécution du IVe Plan en 1963*. *[Il s'agit des travaux préparatoires du 4ème Plan de l'Equipement scolaire]. Non daté [1963].* Archivos Nacionales de Francia, Centro de archivos contemporáneos, 780522/F17-BIS/22919/41770, p. 12.
6. « Les constructions scolaires et universitaires », *La documentation française illustrée,* no. 187, mai 1963, p. 27.
7. DIRECTION DE L'EQUIPEMENT SCOLAIRE, UNIVERSITAIRE, ET SPORTIF, SERVICE DES ETUDES GENERALES ET TECHNIQUES, *Note sur l'industrialisation des constructions scolaires. Juin 1965.* Archivos nacionales de France, Centro de archivos contemporáneos, 780522/F17-BIS/22919/41771, p. 4–5.
8. DIRECTION DE L'EQUIPEMENT SCOLAIRE, UNIVERSITAIRE, ET SPORTIF, SERVICE DES ETUDES GENERALES ET TECHNIQUES, *Note sur l'industrialisation des constructions scolaires. Juin 1965.* Archivos nacionales de France, Centro de archivos contemporáneos, 780522/F17-BIS/22919/41771, p. 4–5.
9. COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN D'EQUIPEMENT ET DE LA PRODUCTIVITE, *Rapporte général de la commission du plan d'équipement scolaire, universitaire et sportif (Ve plan 1966–1970).* Paris: La documentation française, N. d.
10. P. MADELIN, « Les modèles-innovation: incitation à la recherche et à l'industrialisation? », *Industrialisation forum*, no 4, 1974, p. 35.
11. COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN D'EQUIPEMENT ET DE LA PRODUCTIVITÉ, Rapport général de la commission du plan d'équipement scolaire, universitaire et sportif (Ve plan 1966–1970), *op.cit.,* p. 174.
12. M. CARALLI, « Architecture scolaire: le pire est fait », *Architecture (Revue de l'ordre des architectes),* no. 4, avril 1979, p. 6.
13. « Un sujet toujours brûlant », *Les dossiers du Canard (Ecole: le dérapage! Du B.A. BA au bac),* n° 15, avril 1985, p. 65.

Lista de referencias

Commissariat Général du Plan, Commission de l'Industrie, Commission de l'Habitation. 1971. *Rapports des comités du 6e plan 1971–1975 (Bâtiments et travaux publics).* Paris: La Documentation française.

Duclos, Jean Paul. 1992. «Un CES par jour ou l›Etat dans tous ses *états*». Thèse de doctorat en Sciences politiques (Spécialité «Gouvernement local et administration locale ») Université de Bordeaux I, Institut d'Etudes politiques, Centre d'étude et de recherche sur la vie locale, Dir. Dumas.

Ministre de l'Education Nationale, Secrétariat d'Etat aux Beaux-Arts. 1951. *Ecoles prototypes (du premier degré). Brochure du MEN.* Paris: Publications du Centre national de documentation pédagogique.

Minot, Jacques. 1970. *L'entreprise Education nationale*. Paris: Armand Colin.

Laine, M. 1996. *Les constructions scolaires en France.* Paris: Presses universitaires de France, coll. L'éducateur.

Ponssard, J.-P., Pouvourville, G. 1982. *Marchés publics et politique industrielle.* Paris: Economica.

Pouvourville, Gérard. 1979. *L'innovation dans le secteur du bâtiment (Analyse d'une action publique en faveur de l'innovation: le cas des constructions scolaires vu au travers de l'histoire de l'entreprise GEEP-Industrie).* Paris: Centre de recherche en gestion, Ecole Polytechnique, Janv.

Prost, Antoine. 2007. *Regards historiques sur l'Education en France XIXe et XXe siècles*. Paris: Belin.

Reséndiz, Aleyda. 2010. «Typologie des procédés de préfabrication. Les cas des bâtiments scolaires en France

(1956–1973)». In Robert Carvais, André Guillerme, Valérie Nègre, Joël Sakarovitch (dir.), *Edifice et artifice*. Paris: Picard, 755–762.

Reséndiz, Aleyda. 2010a. *«*La industrialización de la construcción. El caso de la prefabricación en la construcción escolar en Francia (1951–1973)*»*. Tesis de doctorado, Centro de Historia de Técnicas (de la Arquitectura) y del Medio Ambiente, Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de Paris. Dir. A. Guillerme.

Reséndiz, Aleyda. 2016. «La préfabrication dans la construction scolaire en France: prototypes et commandes groupées (1951–1962)». In F. Fleury, L. Baridon, A. Mastrorilli, *et al* (sous la dir.), *Les temps de la construction*. Paris: Picard, 347–356.

Vayssière, Bruno.1988. *Reconstruction: déconstruction. (Le hard french ou l'architecture française des trente glorieuses)*. Paris: Picard.

Construir para iterar. La arquitectura de prototipos en la Isla de Puerto Rico a lo largo de dos siglos

Jorge Rigau
René Jean

Para mediados del Siglo XX, la historiografía del Caribe Hispano se enfocaba prioritariamente en obras del período colonial español de Ultramar, esfuerzo en el que se combinaban motivaciones históricas, artísticas, nostálgicas, identitarias y políticas, antes que constructivas o técnicas. Entonces se presagiaba como inminente la conquista del hormigón en las Antillas, por lo que –como si fuese posible contrarrestarla– nuestros investigadores se decantaron por edificios levantados siglos antes en piedra, ladrillo y muros de mampostería. Tres historiadores se hicieron hace eco de tales intereses: Joaquín Weiss, de Cuba, Erwin Walter Palm, en República Dominicana y el puertorriqueño Adolfo de Hostos.[1]

Sus estudios sobreviven como referencia obligada para cada Isla. Sin embargo, la visión histórica/documental que vertebra sus textos carece de un acercamiento técnico profundo respecto a la fábrica de los edificios. Ha tocado a otra cepa de investigadores contemporáneos develar en años recientes un conocimiento más incisivo sobre el tema constructivo. La tarea se ha hecho posible a través de consulta directa de documentos de construcción antes poco atendidos (memorias, manuales de maestros de obra, correspondencia), el análisis de edificios en su estado actual y –algo con que no se contaba antes– el establecimiento de laboratorios especializados en el tema de la conservación desde una perspectiva científica.[2]

La renovación de enfoques ha estimulado el estudio de la incorporación del cemento armado a las prácticas edificatorias de la región como producto de la eventual hegemonía norteamericana en Cuba, Puerto Rico y la República Dominicana.[3] Sin embargo, unos y otros esfuerzos – enfocados en la materialidad – han brindado poca atención a estructuras concebidas y construidas en las tres islas a lo largo de dos siglos – no como edificio puntual o singular – sino como prototipo edificatorio, como tipología diseñada para repetirse de manera idéntica en ubicaciones y contextos diferentes a través de un territorio. Este fenómeno no es ajeno a otros países.

En Puerto Rico, como en España, durante el siglo XIX se construyeron casillas para peones camineros a cargo del mantenimiento de la red de carreteras del país y faros en apoyo a la navegación marítima (figura 1). Cal y canto, ladrillo y mampostería se utilizaron en ambos prototipos. Ya en el siglo XX, el hormigón facilitó la multiplicación de modelos edificatorios singulares: escuelas, dispensarios médicos, unidades de salud pública, alcaldías, estaciones para bomberos, cuarteles de policía, cárceles, tribunales de justicia y fábricas, entre otros.[4]

Contrastan estas iniciativas gubernamentales de entonces con las pocas comparables de ahora. Mientras mucha obra pública hoy responde a caprichos y fantasías de nuestros dirigentes – excesos que han llevado a Puerto Rico a la crisis económica que desde hace unos años experimenta – la arquitectura pensada como prototipo atiende preferentemente problemas cotidianos de apoyo y prevención social, convirtiéndose en reflejo honroso de la convivencia

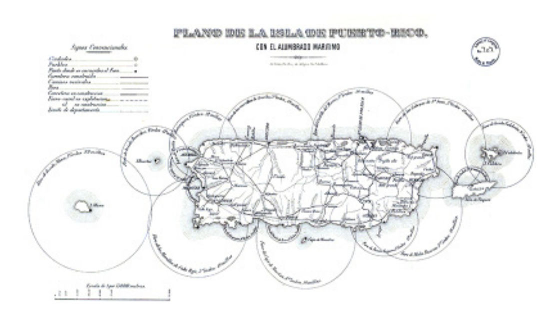


Figura 1
Plano de la Isla de Puerto Rico con el alumbrado marítimo. Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, División de Mapas y Gráficas, Núm.707.

colectiva, antes que espejo de obsesiones personales de protagonismo.

Por su función, por las ubicaciones múltiples en que habrían de levantarse (muchas rurales) y por las audiencias a servir, las estructuras que con el pasar del tiempo el gobierno ha auspiciado con replicabilidad a través de toda la Isla se distinguen (no importa en cuál década) por un diseño frugal en el que utilidad y pragmatismo rigen, sin que la estética quede excluida como criterio subyacente. Así se hace particularmente evidente en el prototipo edificatorio para casillas de peón caminero.

Casillas de Camineros en Puerto Rico

El origen de estas edificaciones se remonta a España en el siglo XVIII. El Conde de Floridablanca, Secretario de Estado de Carlos IV gestionó entonces reglamentos para la conservación de los caminos, encargando a peones camineros su buen mantenimiento a cada legua de distancia entre una y otra (4,828 mts.), proveyéndoles albergue. Estas primeras edificaciones utilizaban madera, mampostería, adobe y ladrillo para su construcción. Guardaban simetría en lo que a su composición arquitectónica respecta y procuraban la mayor economía posible prescindiendo de decoración.[5]

Para 1852, la reina Isabel II impulsó un nuevo sistema de obras públicas fortaleciendo los reglamentos anteriores, ordenándolos para facilitar su consulta, en interés de que los proyectos se materializasen de forma sencilla y clara desde su diseño hasta su culminación, reflejándose de tal forma en su colonia, Puerto Rico.

Con el despunte de la economía del siglo XIX en la Isla, se hizo imperativo mejorar los sistemas de transportación del país. Una impresionante infraestructura de faros respondió a una mejor comunicación marítima y la construcción de carreteras fomentó el enlace entre los diferentes asentamientos más importantes de la población insular, ayudando al transporte terrestre de las mercancías que producía el territorio.

Estas carreteras seguían el sistema «Macadam», un sustrato de varias capas de piedra machacada, compactadas por rodillos tirados de bueyes y posteriormente por el tráfico diario de los vehículos. La superficie incluía un declive hacia ambos lados del centro, donde las cunetas recogían el agua de lluvia.[6] La primera carretera que se valió de este sistema en Puerto Rico fue la que conectó la capital, San Juan, con el pueblo aledaño llamado Río Piedras. A la postre se convirtió en la Carretera Central – denominada la Número Uno – atravesando la Cordillera Central, culminando al sur en Ponce, la segunda ciudad más importante de la Isla. Fue diseñada por el coronel Ingeniero Diego Gálvez y terminada en 1853, a cargo del coronel Tulio O'Neill y el comandante Santiago Cortijo. Para 1886 esta carretera se había completado



Figura 2
Peón caminero, familia y jinete en carretera adyacente a casilla. (Fotógrafo y año desconocidos).

con una longitud de 134 kilómetros, 33 casillas de camineros y 13 puentes permanentes.[7]

Para el mantenimiento de ésta y otras carreteras se implantó el modelo español de los peones camineros, cuerpo de empleados públicos diestros que recorrían diariamente el tramo de vía para prevenir y corregir desperfectos producto del tráfico o la lluvia (figura 2). Los camineros de un tramo de carretera eran supervisados por un capataz y éstos a su vez por el *sobrestant*e, un supervisor de mayor jerarquía. El peón caminero se regía por un reglamento estricto y vestía uniforme con una banda blanca ancha que cruzaba diagonalmente el pecho y ostentaba un escudo de bronce con las siglas PC.

Las primeras casillas

En memorial de 1778, Floridablanca hace referencia a los caminos y establece: «para el cuidado y conservación de éstos a los peones camineros en cada legua, con un celador en cada ocho (capataz) que vele sobre todos y edificando casillas para estos peones en aquellos parajes en que la distancia de los pueblos no ha permitido en ellos su colocación» (figura 3).

Originalmente, estas construcciones albergaban a una sola familia, pero posteriormente se construyeron como estructuras pareadas para alojar a dos peones y a sus familias, siendo este modelo propuesto por el ingeniero y arquitecto español Lucio del Valle y Arana (Madrid 1815–1874) en sociedad con Víctor Martí y Ángel Mayo y aprobado por decreto en 1859. En este modelo pareado, se utilizaron los mismos materiales básicos de construcción: madera, mampostería, adobe y ladrillo, conservando una clara simetría en planta. Cubría unos 109 mts^2. Ambas familias compartían el vestíbulo y el huerto, tal cual esta tipología aparece en Málaga.[8]

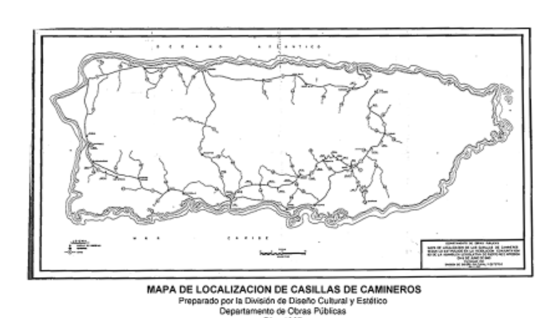


Figura 3
Mapa ilustrando la localización de casillas de camineros en Puerto Rico, Departamento de Obras Públicas, Gobierno de Puerto Rico, 1980.

Tipologías en Puerto Rico

El mismo modelo se transporta a Puerto Rico con algunas modificaciones. Oficializado mediante *Orden Real de abril de 1875*, consiste de una casilla rectangular de unos 14.90 x 8.80 mts. La puerta de entrada conecta a un recibidor que se extiende como pasillo hasta alcanzar la puerta trasera. A ambos lados de este vestíbulo se ubican dos viviendas idénticas, cada una con sala, comedor y dos cuartos iguales en la parte posterior. Se entra a cada vivienda por puertas individuales que abren al vestíbulo. La sala comedor conecta con los dormitorios por una puerta que abre a uno de los cuartos, desde donde una segunda puerta conduce a la segunda habitación. La pared que separa los cuartos no alcanza el techo. Su diseño se atribuye a Raimundo Camprubí, ingeniero de caminos nacido en Pamplona, quien se traslada la Isla cerca de 1875 para dirigir la construcción de una carretera entre los poblados Ponce y Coamo (figura 4).

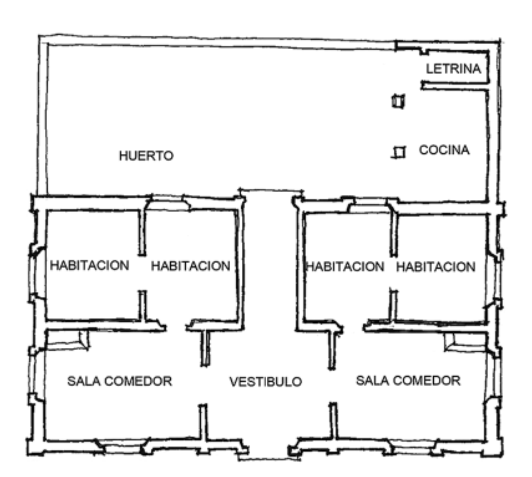


Figura 4
Disposición espacial interna de casilla de caminero, Tipología I. (Diagrama: René Jean)

Una segunda tipología se distingue porque cada cuarto cuenta con su propia puerta hacia la sala y la pared que los separa llega hasta el techo. Al ingeniero Manuel Maese se atribuye aún otra variante que acomoda un solo caminero, contando con 4 espacios, sala, cocina y dos dormitorios ubicados a ambos lados del pasillo central, conformando una planta cuadrada de 9.15 mts por 9.15 mts.[9]

Un cuarto tipo separa la casilla en dos mitades, suprimiendo el vestíbulo común, independizando cada vivienda con su propia puerta de entrada, desde donde se llega a una sala comedor que comunica con tres cuartos y un volumen adosado que incorpora una cocina y un retrete que ventila hacia el exterior por medio de un vano circular. Estas edificaciones miden unos 18.30 mts. por 8.20 mts. La puerta posterior de la cocina permitía acceso al patio de la casilla (figura 5).



Figura 5
Casilla de peón caminero, Municipio de Hormigueros, Tipología I. (Fotógrafo: Carlos Colón Torres, 1961).

Sistema constructivo de las casillas

En Puerto Rico, en términos estructurales, la mayoría de las casillas presenta cuatro paredes gruesas de mampostería y una pared media del mismo material. Las paredes secundarias, un arco en el pasillo, los retallos de puertas y ventanas, y otros elementos, se fabricaron de ladrillo. La piedra podía ser caliza o volcánica, dependiendo de los materiales de la zona. Algunos muros se encalaron, pero en otras se dejaba la piedra aparente, lo que de por sí puede entenderse como estrategia tanto práctica como estética (figura 6).



Figura 6
Casilla de camineros en Hormigueros, construida en mampostería, ladrillo y revestimiento de piedra. (Foto: Jorge Rigau, 2010)

Usualmente, una de las paredes laterales se extendía hacia atrás para formar el muro principal de un cobertizo para la letrina, separada por una pared de ladrillos del área de la cocina, ésta con un fogón de ladrillos para quemar leña. El cobertizo – techado de tejas o planchas de zinc colocadas sobre un soporte de vigas y alfajías – también servía de almacenaje. Cerca de la casa, una cisterna subterránea servía para almacenar agua de lluvia. Las casillas ocupaban un solar de aproximadamente media cuerda que los camineros eran libres de cultivar.

El piso del vestíbulo, pasillo y letrina era de un material cementoso, mientras que el de las otras ha-



Figura 7
Casilla de peón caminero, Municipio de Aibonito, Tipología I. (Fotógrafo: Carlos Colón Torres, 1961).

bitaciones era – las más de las veces – de pino resinoso. Las puertas y ventanas se fabricaron de maderas locales, mientras que los marcos eran generalmente de ausubo, una madera muy fuerte, autóctona de la región. El techo incorporaba un armazón de vigas y alfajías también de ausubo, sobre las cuales se colocaban tres capas de ladrillos, cada una orientada a 45 grados de la otra, con su correspondiente capa de argamasa para sellar el techo expuesto a las inclemencias del tiempo.

Salpicadas a lo largo del paisaje montañoso puertorriqueño – presencia reiterada y centenaria – las casillas de caminero son hoy objeto de nostalgia, admiración, uso renovado y también inspiración de proyectos futuros (figura 7).

La popularidad del hormigón

La implantación de una red eficiente de carreteras y el sistema faros para mejorar la navegación marítima constituyen sólo un par de las transformaciones trascendentales que el cambio de siglo impulsó en Puerto Rico (figura 8).

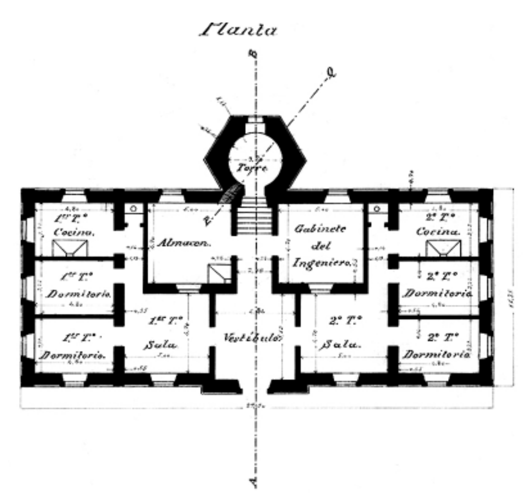


Figura 8
Planta de faro en Los Morrillos de Cabo Rojo, al suroeste de Puerto Rico. Nótese la similaridad con la distribución espacial característica de las casillas de camineros. (Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, División de Grabados y Fotografías, Historic American Engineering Record HAER PR, 20–CARO.V, 1—2. Circa 1881)

Para los mismos años, la difusión de los méritos del cemento como material de construcción comenzaba a capturar la imaginación pública. Se introdujo el cemento para pavimentar aceras, conociéndose su uso temprano con tales propósitos en la ciudad de Ponce, al sur de la Isla.[10] Sin embargo, el agente catalítico decisivo para que la sociedad puertorriqueña se decantase por el hormigón y, de paso satanizase la madera, fue un terremoto en 1918, cuyo impacto se sintió principalmente en las ciudades y pueblos del área oeste (figura 9).

En Mayagüez, cabeza del distrito, después del desastre y bastante destrucción – como es norma – cambiaron las ordenanzas de construcción y no pocos ingenieros y arquitectos capitalizaron sobre la situación en beneficio propio. Entre ellos, Luis Perocier solicitó al Ayuntamiento una certificación oficial sobre sus capacidades y *expertise* para diseñar en hormigón armado. Nunca accedieron a su petición, pero muchas de sus edificaciones para la ciudad aún están en pie. A partir de entonces, las construcciones de los años 20 en el estilo *Spanish Revival* y las *Art Déco* de los 30 y 40 perpetuaron el hormigón como apuesta segura contra huracanes – enemigos de la madera – pero también declaración/constatación de convicciones sociales «modernas» y «progresistas» antepuestas al hacer tradicional artesanal más frágil del pasado español ya «superado» por un nuevo imaginario, el norteamericano. Aun así, hasta entonces, el cemento era producto de importación.

Ya a inicios de la década del 40, el gobierno insular estableció una fábrica para producir cemento lo-



Figura 9
Efectos del terremoto de San Fermín en Mayagüez, 1918. [Archivo Histórico de Mayagüez]

calmente bajo Rexford G. Tugwell – quizás el mejor de todos los gobernadores que asignó Estados Unidos a su territorio no incorporado en el Caribe. Como otros proyectos fabriles del período, éste fracasó, pero manos privadas se hicieron cargo de la fábrica de cemento y una coyuntura histórica serviría de detonante para el éxito de la empresa: la inminencia de la Segunda Guerra Mundial.

Los japoneses habían atacado Pearl Harbor en Hawaii, el territorio estadounidense más al oeste; los nazis podrían optar por atacar su territorio más al este: Puerto Rico. ¿Por qué no? A menudo, las incursiones alemanas en el Atlántico lograban hundir embarcaciones con mercancía comercial; los submarinos deambulaban incesantemente bajo el océano (figura 10).

Las islas eran importantes como puertos de abastecimiento de aviones y barcos pertenecientes a unos y otros combatientes.[11] Como parte de sus preparativos para el conflicto bélico, Estados Unidos construyó en Puerto Rico bases militares, aeropuertos, bunkers, puestos de observación, estaciones de radio y carreteras… piezas en gran medida afines a las que integraron el *Atlantikwall* europeo.[12] Lo ambicioso de este esfuerzo ha de entenderse como una segunda fortificación de la Isla, siglos después de la que tuvo inició bajo Carlos 1 y culminó con Carlos IV.[13] Un sistema se montó sobre el otro y acabamos con muros sobre murallas – como en el Fuerte San Cristóbal, a la entrada del Viejo San Juan, al que se incorporaron puestos de observación que aún hoy otean el horizonte (figura 11). Nunca llegó la guerra al Caribe, pero irónicamente, en Puerto Rico la mera amenaza impulsó positivamente la economía, la industria de la construcción y mejoras significativas a la infraestructura del país. Como parte de tal equipamiento, entre 1942 y 1952 se planificó la construcción de 100 estaciones de bomberos y se completaron unas 60.

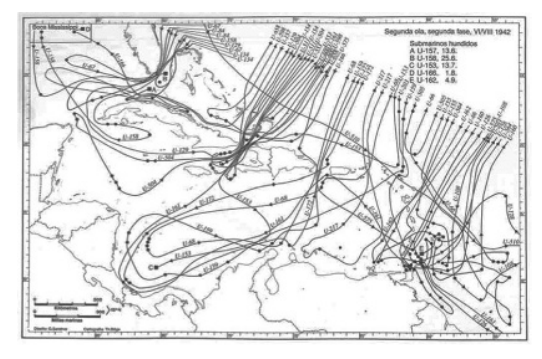


Figura 10
Ataques de submarinos en el Caribe: junio a agosto de 1942. (Diseño: G. Sandner. Cartografía: Th. Böge)



Figura 11
El gobierno de los Estados Unidos levantó puestos de observación en preparativos para la Segunda Guerra Mundial sobre el Castillo de San Cristóbal, fortificación colonial española en Puerto Rico. [Foto: Jorge Rigau, 2012]

Los parques de bombas

También llamadas *Parques de Bombas*, sobre 40 estaciones permanecen en pie. Su huella ocupa lotes rectangulares que abarcan entre 148 y 200 metros cuadrados. Se diseñaron 3 modelos denominados A, B y C, no completamente diferentes unos de otros. Informes gubernamentales, correspondencia oficial del período, contratos y documentos de construcción (planos y especificaciones) – también fotos – hacen referencia constante a estos 3 modelos y exfolian su razón de ser, así como particularidades sobre su diseño.[14]

El gusto por el Art Déco ya no dominaba el debate estético, pero aún contaba con seguidores. Paralelamente, el apoyo del Estilo Internacional a la abstracción, las superficies planas y el destierro de todo ornamento servían de excusa para una arquitectura desprovista de mucha elaboración. A pesar de una expresión sobria, varios detalles arquitectónicos otorgaron a los parques de bombas su identidad prototípica reconocible: el garaje para cobijar el camión de servicio, los planos escalonados sucesivamente en el nivel superior de la fachada, el escudo del cuerpo, parapetos



Figura 12
Prototipo de estación de bomberos repetido a lo largo de la Isla. [Departamento de lo Interior de los Estados Unidos, Servicio de Parques Nacionales, Registro Nacional de Lugares Históricos]

redondeados en muchos de ellos, barandales en tubos de hierro y astas para banderas (figura 12).

Dispuesto simétricamente, el *Prototipo A* incorporaba 2 plantas en 4.57 x 10.67 mts. El sistema estructural constaba de columnas y vigas de hormigón armado, con algunas paredes de bloques de cemento de 15.24 cms. de ancho. El piso superior albergaba las áreas de dormir y un baño, inodoro, ducha, closet y fregadero. Una escalera de un tramo conducía del garaje al nivel superior. El segundo piso retranqueaba, creando una terraza arriba, desde donde se colgaban las mangueras a secar.

La simetría regía la composición – a todo Estado siempre ha complacido la simetría como expresión de estabilidad – y la pared superior escalonaba hacia atrás en gesto propio, aunque tímido, del Art Déco. Un escudo marcaba el eje de simetría, incorporando los símbolos distintivos del bombero: sombrero, escalera y cornetas. Algunas estaciones incluían 2 astas de bandera, una a cada lado, y aleros en hormigón.

El *Prototipo B* ocupaba una planta de techo plano. El alzado principal era asimétrico e incorporaba las puertas de garaje, la entrada y 6 pequeñas aberturas rectangulares en bloque de cristal. Ocupando 2 plantas, el *Prototipo C* albergaba un par de camiones, pero eliminando la terraza superior (ampliando su espacio interior) e incluía el poste tradicional para deslizarse los bomberos. Podemos suponer que el *Prototipo C* (para 2 coches de bombas) servía a lugares de mayor extensión o densidad, pero parece que los tres modelos se utilizaron indistintamente, ya que no consta documentación en la que se articulasen criterios específicos para preferir uno sobre otro.

Si bien el gobierno federal subvencionaba la construcción de los parques de bombas, los funcionarios locales administraban el proceso y los ayuntamientos (también ciudadanos en su carácter personal) pusieron a disposición la tierra para construir, así como algún material y trabajo voluntario. En muchos casos, la cabida, la topografía o la condición del suelo, no resultaron ser idóneas. Y los problemas de comunicación fueron frecuentes. Cada localidad se encargaría de configurar el espacio alrededor del prototipo; también podía incorporar ajustes menores al plano básico oficial que, por ser destinado a personal no muy diestro y a bomberos voluntarios, se limitaba a presentar dimensiones básicas e información muy parca. O se asumía que un maestro de obras sabría cómo hacerlo sin contar con mayores detalles, o se pensaba que – no importa cuánta información se proveyese – los ejecutantes del plano (muchas veces los mismos bomberos) harían lo mínimo necesario. Ubicación y emplazamiento no constituyeron consideraciones estratégicas importantes, resultando más bien producto del azar. Como prototipos, se esperaba que estos edificios «encajaran» en cualquier contexto con el tamaño apropiado y orientado a una calle de fácil acceso para asegurar la movilidad en caso de emergencias.

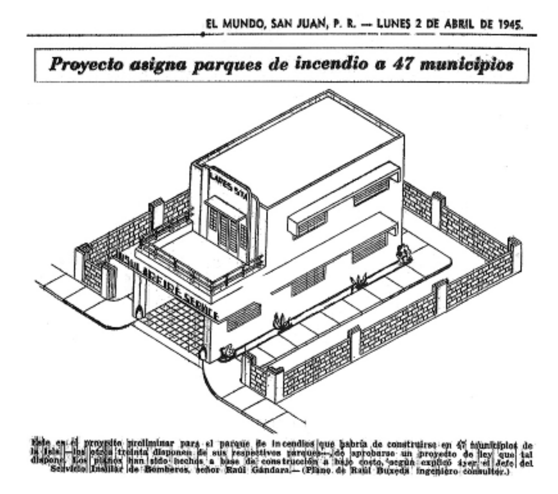
Podría suponerse que la erección de las estaciones respondió a la responsabilidad gubernamental de aplacar incendios en poblaciones integradas en su mayoría por casas de madera, pero no fue así. Si bien es cierto que la amenaza de fuego estaba siempre presente por lo volátil del material lígneo y las malas prácticas cotidianas, los entonces dirigentes de la Isla emprendieron el diseño y construcción de las estaciones prototípicas por aprensión ante posibles ataques nazis. Así se desprende de documentos del período bélico que permanecieron «encadenados» por alegadas razones de seguridad hasta años recientes.[15]

Independientemente de las motivaciones originales, como es de esperarse, la provisión de una estación de bomberos en cada localidad alivió entre compueblanos el temor a los incendios urbanos recurrentes. Fuegos prolongados, como el de 1945 en el pueblo de Lares, pudieron ser combatidos sin depender de voluntarios o bomberos procedentes de ve-

cindades cercanas, tal cual había sido la práctica por décadas. No sólo los ciudadanos se sintieron sicológicamente menos vulnerables; también eventualmente se redujeron las primas de los seguros de la propiedad, haciendo su costo más accesible a la población. Los valores de las casas subieron.

La iteración misma de los prototipos edificatorios pueblo por pueblo – objeto de atención por su función, imagen y construcción – fomentó la valoración pública de estas estructuras a través de los años, dotándoles de un carácter icónico que pervive a pesar de la moderación constructiva/estilística que les caracteriza. Contribuyó a ello el compromiso cívico del Cuerpo de Bomberos, que con su labor voluntaria *in situ* fomentó el ahorro de dinero y materiales durante la guerra y, al concluir ésta, se autoimpuso la tarea de concienciar al público sobre la importancia de prevenir incendios. Una campaña abarcadora de educación incluyó invitaciones a visitar las estaciones donde se brindaban orientaciones, visitas frecuentes de escuelas y la creación de «Los bomberitos», organización que logró atraer a niños y jóvenes a eventos públicos. Se construyeron decenas de parques de bombas adicionales después de concluir la Segunda Guerra Mundial. Muchos ya no están en uso como tal porque resultan muy pequeños para los camiones contemporáneos.

Dos arquitectos y un ingeniero estuvieron vinculados al programa de parques de bombas, pero la documentación oficial disponible no permite precisar quién fue autor de uno, un par o todos los prototipos. Varias especificaciones y contratos aparecen firmados por Fidel Sevillano (1894–1989), quien de 1939 a 1942 se desempeñó como «Asistente» de arquitecto. Para el año 1943–44, Pedro Méndez Mercado aparece como «Arquitecto». Entrevistado en 1981, Pedro Méndez alegó tener un edificio suyo en cada pueblo de la Isla, refiriéndose a las estaciones de bomberos.[16] Sin embargo, ninguna documentación disponible permite confirmar su alegada autoría. Un tercer nombre está más directamente vinculado: Raúl Buxeda (1915–2002). El ingeniero firmó un conjunto de planos, incluyendo un axonométrico (con crudeza ingenieril) del *Prototipo A*. Ese diseño se utilizó a partir de 1945, tal cual entonces divulgado en prensa. Buxeda fue contratista, con experiencia en agrimensura y construcción de carreteras y cementerios (figura 13).


EL MUNDO, SAN JUAN, P. R. — LUNES 2 DE ABRIL DE 1945.

Proyecto asigna parques de incendio a 47 municipios

Este es el proyecto preliminar para el parque de incendios que habría de construirse en 47 municipios de la Isla —los otros treinta disponen de sus respectivos parques—, de aprobarse un proyecto de ley que tal dispone. Los planos han sido hechos a base de construcción a bajo costo, según explicó ayer el Jefe del Servicio Insular de Bomberos, señor Raúl Gándara.—(Plano de Raúl Buxeda ingeniero consultor.)

Figura 13
Parte de prensa anunciando el programa de parques de bombas en el que se atribuye el diseño del prototipo al Ing. Raúl Buxeda. (Periódico El Mundo, 2 de abril de 1945)

Resulta curioso que del diseño arquitectónico más repetido en toda la historia de Puerto Rico no conozcamos a ciencia cierta la mano que lo produjo; queda solo su iteración como legado y, por supuesto, la lección de cómo atender más con menos. Lección que en Puerto Rico ejemplifican otros prototipos también del siglo XX: dispensarios médico/rurales que datan de fines de los años 30; unidades de salud pública del mismo período; alcaldías de la década del 40, modelos para fábricas de los 60; también tribunales de segunda instancia y cuarteles de policía que datan de los años 70, entre otros. El diseño de prototipos aborda cuestiones de tipificación, estandarización y homogeneización de singular pertinencia contemporánea en tiempos en que un retorno consciente a la funcionalidad como principal propósito programático arquitectónico vendría bien a países como Puerto Rico, que ahora paga las consecuencias de hacer más –no con menos – sino con dinero prestado por otro.

Una revalidación del prototipo arquitectónico como objeto de estudio se impone como campo pertinente de exploración. A medio camino entre la historia excepcionalista y los méritos de lo cotidiano, la arquitectura prototípica representa lo que podríamos designar como «la historia cotidiana de la oficialidad». Debido a que, en gran medida, la arquitectura gubernamental persigue el prestigio antes que nada, los edificios replicables – en contraste, y a pesar de su repetición – constituyen no-acontecimientos en la fábrica urbana.

Sin embargo, es la iteración de su tipo – darse cuenta de que un recurso modesto forma parte de una colección – lo que les otorga relevancia cultural, urbana e histórica (figuras 14 y 15). Por representar milagros de concisión, expresión volumétrica clara, economía de materiales y una tectónica admirable, la historiografía de la arquitectura caribeña se vuelca ahora hacia los edificios prototípicos, entendiéndoles parte integrante y futuro del desarrollo eventual del paisaje construido de la región antillana.

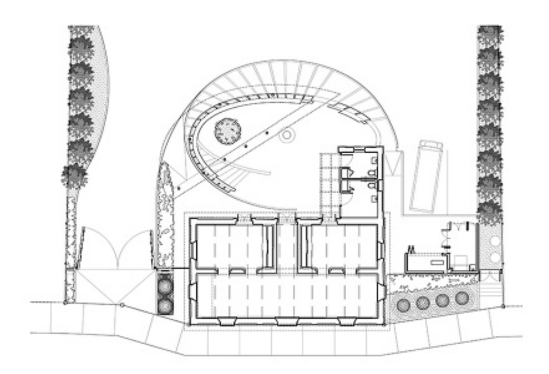


Figura 14
Reprogramación de casilla de camineros como centro comunitario en el Municipio de Hormigueros. (Jorge Rigau FAIA Arquitectos P.S.C., 2008)



Figura 15
Rehabilitación de estación como centro interpretativo del Cuerpo de Bomberos en Puerto Rico. (Jorge Rigau FAIA Arquitectos P.S.C., 2009)

Notas

1. Joaquín Weiss, *La arquitectura colonial cubana* de (Editorial Letras Cubanas, La Habana, Cuba, 1972), *Los monumentos arquitectónicos de la Española* de Erwin Walter Palm (Universidad de Santo Domingo, Seix y Barral, Barcelona,1955) y de Puerto Rico, *Historia de San Juan, ciudad murada*, de Adolfo de Hostos (Instituto de Cultura Puertorriqueña, Editorial Lex, 1948).
2. Reclaman particular importancia el *Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología* (CENCREM) fundado en Cuba en 1982 y el *Laboratorio de Conservación Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Puerto Rico*, fundado en 2001.
3. Por más de un lustro, cursos diversos en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Puerto Rico han atendido temas como: *Early Use of Cement and Concrete as a Construction Material in Mayagüez, Puerto Rico*, 2009; e *Historia en concreto-The Concrete Story: On Concrete Construction in Puerto Rico between the Wars [1898–1942]*, 2011.
4. Entre investigaciones previas relacionadas conducidas por estudiantes de la Universidad Politécnica de Puerto Rico se incluyen: Torres, Gabriela. 2009. *La efervescencia de la repetición: Estudio tipológico de los dispensarios médico-rurales de Puerto Rico (1936)*; Laboy, Christian. 2010. *Típica promesa: Estudio de las fábricas prototípicas construidas por la Compañía de Fomento industrial en Puerto Rico entre 1940 y 1960*; Silva, Natalia. 2010. *Prototipo como paisaje: Las estaciones prototípicas que el cuerpo de Bomberos construyó en Puerto Rico del 1940–58;* Cains, Kimberly. 2012. *Amnesia de la sanidad: Origen y destino de las Unidades de Salud Pública en Puerto Rico (1937–38)*; Colón, Nicole. 2013. *Prototipo persistente: La vida extendida del Cuartel Estatal de la Policía (1965–74);* Fuentes, Benjamín. 2013. *Para ser americano sin ser urbano: Construcción de la Segunda Unidad Rural en Puerto Rico en la década del 20;* Fuentes, Jorge. 2013. *Alcaldías prototipo: Dificultades metodológicas al investigar el edificio prototipo de alcaldía para la década de los 30 en Puerto Rico*; Santana, Magaly. 2013. *Un salón para todos: Las escuelas rurales en Puerto Rico de 1924–26;* Santiago, Orlando. 2013. *Once cuarteles para diez años de caos: Protestas, política, policías y prototipos arquitectónicos en Puerto Rico (1930–40);* Firpi, Kiara. 2014. *Casa Escuela;* Nieves, Anthony. 2014. *Tipología de la salud ¿"Spanish Revival"?: Construcción de los hospitales de Distrito en Puerto Rico (1927–38)*; Portela, Eduardo. 2014. *De un arquetipo al prototipo*: *Construcción de las Cortes de Distrito en Puerto Rico (Aguadilla, Guayama y Humacao, 1924–27)*; y Vázquez, Víctor. 2014. *Cárceles municipales de Puerto Rico en el siglo XIX.*

5. De Ortueta Hilberath, Elena. 2000. Modelos de Casillas de peones camineros. Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción; eds. A. Graciani, et al., SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU
6. Mari Mut, José A. 2009–2013. *Nuestras Casillas de Camineros*, Edicionesdigitales.info. Su trabajo constituye referencia obligada para conocer a fondo aspectos diversos sobre la historia y características de las casillas
7. National Park Service, United States Department of the Interior. 1992. *Land Transportation in Puerto Rico, c. 1508–1950*.
8. Proyecto de Investigación Corredor N–340 Grupo de Investigación HUM–666: *Ciudad, Arquitectura y Patrimonio Contemporáneos*, Junta de Andalucía, 2013–2015. n–340.org
9. Sáenz Ridruejo, Fernando. 2009. *Ingenieros de Caminos en Puerto Rico, 1866–1898*; Anuario de Estudios Atlánticos, Las Palmas de Gran Canaria; núm. 55.
10. Garramuño, Santiago. 2011. *Al borde del camino: la definición del entorno público como producto de voluntades políticas e individuales*. Investigación de Mitad de Carrera, Universidad Politécnica de Puerto Rico.
11. Rodríguez Beruff, Jorge y José L. Bolívar Fresneda, Eds. 2012. *Puerto Rico en la Segunda Guerra Mundial: Baluarte del Caribe*; 2015. *Puerto Rico en la Segunda Guerra Mundial: El escenario regional*. Ediciones Callejón, San Juan, Puerto Rico.
12. Froján y Fernández. 2008. *Atlantikwall: arquitecturas bélicas en las playas del oeste*. MAIA ediciones. Madrid.
13. Zapatero, Juan Manuel. 1989. «Las fortificaciones históricas de San Juan de Puerto Rico», Revista MILITARIA, No.1–141–175.
14. Rigau, Jorge. 2012. *Educación, seguridad e industria: Contexto histórico para la incorporación de escuelas, parques de bombas y fábricas al Registro Nacional de Lugares Históricos de los Estados Unidos*; Oficina Estatal de Conservación Histórica, Oficina del Gobernador de Puerto Rico.
15. Fondo Documental Fortaleza, Tarea 96–20. Archivo General de Puerto Rico. Se conoce este fondo informalmente como «Los encadenados», en alusión al tiempo extendido en que no estuvieron disponibles para consulta.
16. Entrevista al arquitecto Pedro Méndez, Jorge Rigau, 1981.

Analisi delle tecniche costruttive nelle fortificazioni in Abruzzo (Italia): S. Eusanio Forconese

Simona Rinaldi
Michele Severini

La ricerca vuole occuparsi, delle tecniche costruttive tradizionali, della cinta muraria e della Chiesa del castello a S. Eusanio Forconese in Abruzzo, Italia, piccolo borgo dell'entroterra aquilano situato a 594 metri nella Valle Vestina tra il fiume Fossa ed Aterno (figura 1).[1]

A seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009 la fortificazione, oggetto di studio, non ha subito a differenza del centro storico nessun danno di ordine statico e strutturale.

Il fortilizio in questione, risalente ai secoli XII-XIII, è caratterizzato da un impianto planimetrico ellissoidale con alternanza di quattro torri a sezione circolare e sei a sezione quadrata.

Le mura perimetrali, in pietra incerta con conci angolari squadrati, larghe oltre 1 metro e di altezza variabile dai 5 ai 7 metri, presentano numerose feritoie; non sono evidenti merlature.

La tipologia è quella di recinto fortificato.

L'accesso avveniva tramite una porta ad arco ogivale in conci regolari di pietra e posta a lato di un torrione quadrato; l'apparecchio murario che lo contraddistingue è in parte irregolare ed in parte a corsi orizzontali, costituito da materiale calcareo di dimensione compresa da 14 a 22 cm.

Le murature presentano differenti tipi di tecniche costruttive osservabili nella posa in opera; i torrioni difensivi sono privi di scarpa e di coronamento mediano e si sviluppano su più livelli di cui il primo è realizzato con sistema costruttivo archivoltato in pietra locale.

Per i livelli successivi è ipotizzabile una struttura lignea della quale si sono perdute le tracce.

La chiesa si presenta invece strutturalmente integrata nella cinta muraria ed è costituita da pietra incerta a faccia a vista mista a laterizi di reimpiego, con elementi di dimensione compresa tra i 16 e 3 cm e cantonali in blocchi calcarei squadrati; la copertura è a capanna.

La facciata, a geometria rettangolare ed architettonicamente assimilabile alle chiese romaniche dell'aquilano è di proporzioni regolari con coronamento a coppi e oculo per l'illuminazione degli spazi interni in asse con il portale anch'esso in pietra locale.

Oltre al metodo d'indagine storico-critico che interesserà anche lo sviluppo sociale e morfologico del sito, gli obiettivi dello studio vogliono estendersi all'espansione planimetrica della fortificazione nei secoli senza trascurare le tecniche costruttive ed i materiali tipici dell'Italia centrale.

Metodo di ricerca

In questa analisi, la metodologia applicata è assimilabile ad un processo di osservazione sistematico e controllato delle informazioni raccolte.

Il punto di partenza consiste proprio nell'acquisizione dei dati direttamente nel luogo d'indagine.

Fondamentale si è resa la campagna fotografica, unitamente all'esecuzione del rilievo e restituzione planimetrica del sito fortificato.

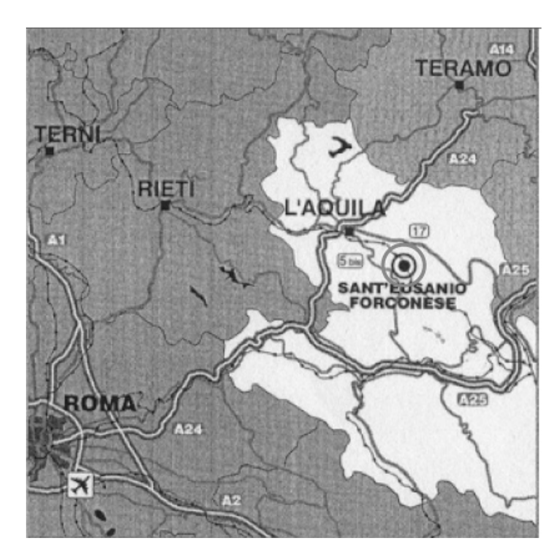


Figura 1
S. Eusanio Forconese: inquadramento territoriale (Istituto Enciclopedico Italiano. 1998. Comuni d'Italia, Abruzzo. Acquaviva d'Isernia.).



Figura 2
S. Eusanio: vista dal Monte Cerro (Foto: Rinaldi - Severini)

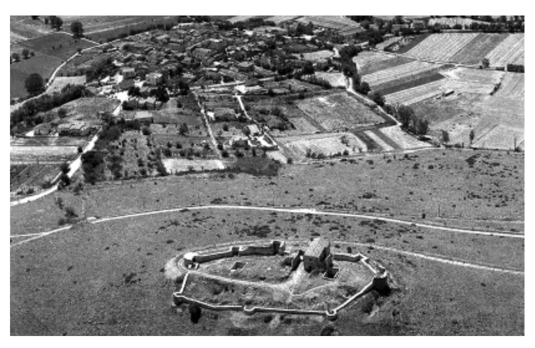


Figura 3
S. Eusanio: vista cinta muraria (Foto: Rinaldi - Severini)

Il passo successivo è stato caratterizzato dallo studio approfondito delle tecniche costruttive tradizionali, avvalendosi anche di una specifica bibliografia.

In conclusione è stato definito il problema oggetto d'indagine, poi concettualizzato ed analizzato in relazione all'uso di specifici materiali costruttivi locali (sempre in funzione quindi dell'area geografica).

Introduzione ed inquadramento geografico-territoriale

Il piccolo paese di S. Eusanio Forconese è situato nella Valle Vestina individuata dai fiumi Fossa ed Aterno su un piccolo rilievo a Sud-Est del Monte Cerro; l'asse vallivo del medio Aterno è percorso dalle vie di comunicazione fra la valle Peligna e la conca aquilana (figura 2).

Il comune, che appartiene all'ambito territoriale di competenza della Comunità montana Amiternina, dipende completamente dal capoluogo di provincia (figura 3).

I caratteri ambientali sono tipici dell'architettura minore di notevole valore ambientale, armonicamente inserita nel paesaggio con notevoli emergenze di valore sia storico che artistico.

Le oscillazioni altimetriche del terreno determinano un profilo geometrico piuttosto vario: la porzione della media valle del fiume Aterno che appartiene al comprensorio santeusaniese ha un andamento piano e si presta facilmente all'intervento dell'uomo sul territorio.

La collina su cui è adagiato l'abitato s'incunea tra due valli fluviali; a seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009 però non conserva più le sue funzioni residenziali e civili e la piccola comunità montana di origine medievale è stata costretta a trasferirsi dal centro storico e dalla località Casentino in moduli abitativi provvisori.

Ad oggi la situazione è in miglioramento, in quanto è stato provveduto alla rimozione delle macerie ed alcuni nuclei familiari sono già rientrati nelle loro abitazioni; per quanto concerne gli immobili fuori dal centro storico e dalla zona rossa, sono già stati

adottati provvedimenti di concessione di contributi per la riparazione di quelli gravemente danneggiati dal sisma.

Background storico santeusaniese

Inquadramento paese

L'origine del borgo, noto un tempo come Cinque Ville dal numero dei villaggi sparsi sul territorio comunale, si può ricondurre all'aggregazione di agricoltori e di maestranze artigiane presso la chiesa fortificata di S. Eusanio.

Il comune conquistò l'autonomia amministrativa solo nel 1954, cessando di essere frazione di S. Demetrio ne' Vestini.

Nelle immediate vicinanze dell'abitato il visitatore può anche ammirare i resti di un castello e la base e la base di una torre poderosa; il centro storico è stato originato in epoca medievale da alcune piccole comunità di agricoltori.

L'insediamento originario si è ulteriormente ampliato dal XV al XVIII secolo.

Sant'Eusanio Forconese conserva quasi intatto il suo impianto originario costituito da isolati rettangolari contraddistinti da una pregevole edilizia minore e gravitanti sulla piazza centrale del paese, al cui centro spicca la presenza di una solitaria fontana ottocentesca (1894), sulla quale dominano la quinta di Palazzo Barberini, edificato nel secolo XVII e l'imponente mole della chiesa di Sant'Eusanio.

Il Castello, colpito duramente già dal sisma del 1461, è stato oggetto, non molti anni or sono, di un restauro conservativo che ne ha evidenziato e ridefinito il perimetro di cinta caratterizzato da torri di diversa tipologia costruttiva, alcune a pianta circolare, altre a pianta rettangolare e da una chiesa, sul cui fianco s'innesta perpendicolarmente un tratto di muro che ingloba il portale ogivale (probabilmente l'ingresso al fronte) avvalorando l'ipotesi che l'edificio sia stato ricavato dal volume di una delle torri esterne.

La chiesa, detta della Madonna del Castello, è un piccolo edificio ad aula voltato a botte con un semplice altarino a muro con un palio centrale, occupato da un recente dipinto, e da due ovati laterali, in uno dei quali è affrescata una Madonna col Bambino.

Il Castello, nonostante la presenza di una cisterna di acqua potabile che avrebbe comunque permesso una stabile occupazione, presumibilmente serviva da postazione difensiva da utilizzare soltanto in caso di necessità, così come risulta dall'Archivio general de Simancas[2] si apprende infatti che: «el castillo Sancto Sano (Eusanio) [...] tiene muros en un montesito para recogerse en tiempo de guerra» [«il castello di Sant›Eusanio ha la cinta fortificata su di una collinetta per ritirarsi in tempo di guerra»].

La configurazione planimetrica è piuttosto irregolare, scandita da torri semicircolari e torri a pianta quadrata con una funzione di rompitratta.

Una porta d'accesso ad arco ogivale si apre a Sud, presso la chiesa detta della Madonna del Castello, *ecclesia castri*, che emerge ancora integra tra i resti della struttura fortificata.

Si potrebbe presumere che la chiesa sia stata addossata, in un momento successivo, ad una delle torri quadrilatere di cinta.

Il recinto fortificato è stato sottoposto negli anni ad interventi di consolidamento, con il ripristino di ampi tratti di mura e di alcune torri.

L'odierno impianto appare come il risultato di successive fasi costruttive.

Si potrebbe ipotizzare che il complesso nella sua prima configurazione, possa risalire probabilmente ai secoli XII-XIII e fosse rafforzato da torri quadrate, mentre le torri circolari potrebbero essere state aggiunte in un intervento posteriore.

La presenza di una cisterna interna alle mura fa ipotizzare una relativa stabilità dell'abitato che si rifugiava all'interno del recinto per ragioni difensive, almeno agli inizi del XVI secolo.

Nel centro abitato sottostante sono ancora ben leggibili i resti del recinto fortificato che circonda il complesso di S. Eusanio, di probabile origine benedettina: sul retro dello stesso sono infatti visibili due torrioni tondi agli angoli con base a scarpa (ringrosso murario) (figura 4, 5).

Inquadramento castello

Situato in prossimità del Monte Cerro, il castello è in realtà un ricetto o rifugio simile a quelli di Ocre, Barisciano e San Pio delle Camere.

È quindi un complesso architettonico costruito a scopo difensivo, costituito da una cinta muraria di forma pressappoco ovale nella quale i tratti rettilinei sono raccordati da bastioni circolari o squadrati.

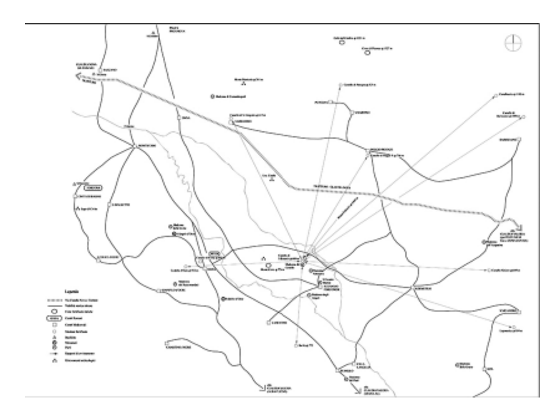


Figura 4
Mappatura storico-territoriale fortificazioni aquilane (Autore: Rinaldi)

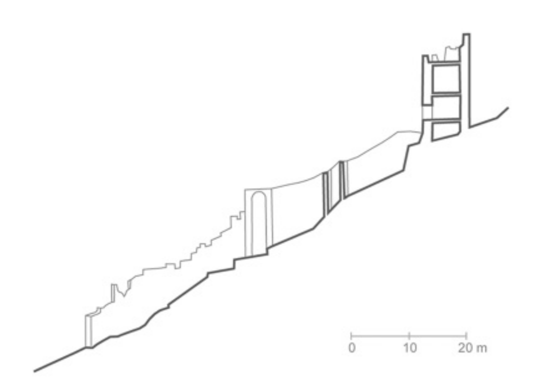


Figura 5
Esempio sezione fortificazione tipo abruzzese (Autore: Rinaldi)

I bastioni di forma circolare sono quattro, dei quali due sono più grandi ed hanno un volume complesso, cilindrico nella parte basamentale, a tronco di cono la parte alta che è chiusa da una struttura orizzontale piena realizzata in *opus concretum*.

Due bastioni sono più piccoli e a forma di nicchia.

Gli altri sei vertici hanno bastioni squadrati, due in direzione Nord sono completamente distrutti e al posto di uno dei quattro in direzione Sud è stata edificata una chiesa.

Non è da escludere che il bastione utilizzato per la costruzione della chiesa fosse di fatto più grande degli altri perché probabilmente era quello che custodiva l'ingresso, quasi certamente costituito dalla porta ogivale racchiusa nel fianco della chiesa.

La storia di questo Castello è strettamente connessa e dipendente da quella del paese omonimo S. Eusanio Forconese, chiamato «Cinque Ville» per cinque piccoli villaggi che ne formano il territorio, prese il nome del santo che qui subì il martirio nel IV sec. d.C.

Anticamente faceva parte di una Badia di monaci Basiliani dalla quale andrà in dominio del Monastero di Farfa.

Nel Diploma di Ottone I del'956 (riteniamo apocrifo) tra le terre donate al Vescovo di Forcona è citato «... illo loco, ubi Corpus S.Eusanii requiescit...».

Con la donazione del 962 d.C. (quella è autentica), fatta al papa Giovanni XII, dei territori di Rieti, Amiterno, Forcona, con la città e le fortezze con le adiacenze, Ottone I favorisce il clero e la chiesa per contrastare i feudatari a lui ostili.

Poiché concede inoltre ampie immunità ai vescovi oltre alla Signoria di parecchie città, appare chiaramente come anche la Diocesi Forconese[3] godesse in quel periodo di un

particolare fulgore, con riflessi positivi per tutti i centri del suo territorio e soprattutto di S. Eusanio che, assieme a Civitas S. Maximi, appare sempre nominato per prima rispetto agli altri centri.

In precedenza l'invasione e l'occupazione del territorio, avvenuta ad opera di Faroaldo (fine del VI sec.) determina da dipendenza di questo territorio dal ducato di Spoleto.

Di Forcona il Fatteschi[4] afferma che «...soffrisse non poco l'invasione longobarda, ma ben presto dovette essere riparata poiché non perdesse l'onore del Vescovado, ed al nono Secolo era un Gastaldato ben esteso del Ducato Spoletano; e da' monumenti Farfensi si conoscono, Aldone, Castello Forconino l'anno 819 e Tedgario... l'anno 842».

I Franchi subentrati ai Longobardi lasciarono immutate le cose perché non si integrano con i territori e la popolazioni occupate.

Per i Vescovi il passaggio dai Longobardi ai Franchi ha segnato il passaggio da un'almeno potenziale opposizione ad un'alleanza naturale col potere politico, mentre l'avvento degli Ottoni segna addirittura una particolare preferenza accordata loro in funzione di un controllo delle principali forze periferiche dello Stato.

In ogni caso, ritenendo valida la fonte del Fatteschi, una datazione certa del «Castello Forconino» è quella dell'anno 819 d.C. (figura 6).



Figura 6
La Diocesi di Aquila (Signorini Angelo. 1868. La Diocesi di Aquila descritta ed illustrata. Aquila: Grossi.).

La sede vescovile (Forcona) diviene il centro di vita più importante della comunità.

La conquista normanna in Abruzzo si attua per varie fasi: i Normanni di Puglia avevano già spinto le loro conquiste al Contado di Valva, che come diocesi toccava i confini della diocesi di Forcona, quando Ruggero II estende il suo dominio su tutto il Mezzogiorno e nel 1145 i suoi figli fecero avanzare il loro esercito fino a Forcona, Amiterno e Rieti.

I territori occupati vengono distinti in Ducati e in Principato e, all'interno degli stessi, vengono nominati dei connestabili.

Altre date importanti di questo periodo sono quelle della Donazione del Casale di S. Eusanio da parte del re Ruggero II al vescovo Berardo di Forcona e quello della Bolla del papa Alessandro III[5] che riconferma tra gli altri beni della diocesi: «Ecclesiam S.Eusanio, cum cappellis et hominibus et tenimentis suis».

Nel 1187 Guglielmo II il Buono organizza una spedizione in Terra Santa e l'Antinori[6] afferma che «per la relativa tassazione, utilizza (almeno per gli ecclesiastici) il registro del 1147 e che Berardo, Vescovo Forconese, di Roio, e di Casale di S. Massimo forse lo stesso che Collepaidone, per tre soldati, uno per ciascuno».

Le modifiche prodotte nel territorio dal sistema feudale riguardano la creazione di numerosi centri arroccati in posizione difensiva su poggi o a mezza costa, in modo da poter controllare efficacemente le terre del feudo.

Circa Cinquant'anni prima la fondazione di L'Aquila nel 1204 il vescovo di Forcona Giovanni ottiene dal papa Innocenzo III la conferma dei beni, tra i quali : «...eccelesiam S.Eusanii cum Capella et hominibus et tenimentis suis, Castrum Collepaidonium cum ecclesia et tenimentis suis...».

Nel 1461 un terremoto distrugge L'Aquila e i centri vicini, compreso S. Eusanio e il suo Castello, che saranno riedificati nel 1464 ad opera di Lalle Camponeschi[7].

Probabilmente è di questo periodo la costruzione della chiesa della Madonna del Castello, utilizzando parte della cinta muraria, perché è venuta meno la necessità e la funzione di rifugio della fortificazione.

Le fortificazioni abruzzesi: caratteri morfologici e tecniche costruttive del castello di S. Eusanio

Per comprendere i caratteri originari, l'evoluzione nei secoli e le tecniche costruttive tipiche dell'area geografica in questione, è stato necessario uno studio preliminare approfondito delle fonti storiche seguito da numerosi sopralluoghi che hanno condotto inizialmente ad un rilievo della cinta muraria seguito da un'analisi delle murature che la costituiscono.

L'approfondimento delle condizioni attuali ha portato ad individuare diversi livelli dello stato di conservazione, ciascuno espresso in funzione dell'altezza media dei vari tratti di muratura la cui particolare condizione di abbandono e degrado era resa, prima dei lavori di restauro del 1993, ancora più grave dalla sistematica sottrazione di materiale e pietrame lavorato.

La caratteristica che risalta ad un primo sguardo è la pianta con geometria ellissoidale con alternanza di quattro torri a sezione circolare e presumibilmente sei a sezione quadrata.

La tipologia è quella di recinto fortificato usato solo in caso di estrema difesa della popolazione circostante.

Ciò è desumibile dall'enorme spazio interno non utilizzato e dalla mancanza di congrue strutture ricettive.

L'accesso al fortino avveniva tramite una porta ad arco ogivale, oggi murata, in conci regolari di pietra e posta al lato di un torrione quadrato.

Al centro dell'ampio piazzale interno è visibile una cisterna con volta a botte.

Le mura perimetrali, in pietra incerta con conci angolari in pietra squadrata, larghe oltre 1 metro e di altezza variabile dai 5 ai 7 metri, presentando numero-

se feritoie; non vi è nessuna presenza di merlature.

I torrioni circolari di diametro interno fra i 3 e i 5 metri sono privi di scarpa e di coronamento mediano, si sviluppano su più livelli; il primo livello è realizzato con sistema costruttivo archivoltato in pietra.

Per i livelli successivi è ipotizzabile una struttura lignea[8].

Da un'analisi a vista della qualità della muratura esistente, è possibile effettuare una differente distinzione tipologica nella posa in opera dei muri che fa supporre interventi successivi di esecuzione e di ripristino.

Per quanto riguarda la muratura interrata, non avendo eseguito indagini geologiche, soltanto approfondite operazioni di scavo archeologico potrebbero fornire tutte le informazioni necessarie alla comprensione del rapporto cinta muraria-terreno.

L'apparecchio murario si mostra ben definito e con le integrazioni distinguibili.

La chiesa si presenta esternamente con muratura in pietra incerta a faccia a vista, cantonali in pietra squadrata e copertura a capanna; la facciata invece con semplice geometria rettangolare ed è simile tipologicamente alle chiese romaniche dell'Aquilano.

L'ingresso è con portale in pietra con sovrastante timpano triangolare.

Un'apertura circolare in pietra, composta da sei parti, costituisce l'unica presa di luce frontale della chiesa.

Le pareti laterali sono munite di quattro finestre alte; le due del lato ovest risultano murate. E' riconducibile all'interno della parete est dell'abside l'arco ogivale che originariamente dava accesso al fortilizio.

Internamente la chiesa è a navata unica con volta a botte e abside rettangolare ricavato dal bastione di ingresso al recinto; le pareti, riquadrate da semplici cornici e modanature, sono intonacate e prive di affreschi eccetto che sull'altare: la pavimentazione rinnovata recentemente, è realizzata con piastrelle di cotto; sono presenti arredi lignei databili presumibilmente intorno al 1700.

La zona interessata dallo studio presenta lo stato tipico delle fortificazioni intermontane abruzzesi come Ocre, Barisciano e S. Pio delle Camere[9], tipologicamente assimilabili a quella in oggetto sia per materiali utilizzati sia per tecniche costruttive e lavorazioni locali del materiale lapideo.

Prendendo come esempio l'analisi di un campione prelevato presso il prospetto Sud, i dati emersi sono stati quelli peculiari degli apparecchi murari irregolari costituiti da blocchi calcarei sbozzati discontinui di colore grigio e di dimensioni variabili, compresi tra i 3 ed i 57 cm (con spessore medio pari a 3.5 cm).

Per mantenere una funzione statica di elevato portante efficiente, lo stato di conservazione deve essere buono, in questo caso il campione presenta queste caratteristiche unitamente ad un nucleo murario ben costipato ed estremamente solido alla vista.

Sono rilevabili solo alcuni residui di intonaco.

La consistenza delle malte, di color grigio chiaro e rifinite raso-sasso, è friabile a granulometria grossolana; gli inerti presenti sono ghiaia unita a frammenti calcarei.

Sono stati analizzati in questa maniera altri quattro campioni, aventi tutti le medesime caratteristiche tecniche e statiche appena descritte (figura 7).

Un'altra fondamentale analisi va condotta circa le tecniche costruttive morfologiche-formali proprie delle torri appartenenti alla fortificazione.

I caratteri tipici dell'architettura difensiva infatti, a partire dalla fine del XIII secolo, consistono innanzitutto in una nuova sezione delle torri stesse, circolare e non più quadrata (come è ben visibile in questo caso specifico), e l'apparato a sporgere continuo posto alla sommità dell'impianto.

Questo può essere spiegato poiché agli inizi del XIV secolo si iniziò a profilare l'acquisizione della polvere nera e la sua quasi contemporanea introduzione sui campi di battaglia soprattutto attraverso le prime rudimentali artiglierie lancianti proiettili di pietra.

È da questo punto di vista quindi che si spiega la sezione circolare delle torri, in grado di offrire la minor superficie d›impatto possibile alle palle in pietra, mitigando così ulteriormente gli effetti distruttivi, di per sé già piuttosto modesti, di queste ultime.

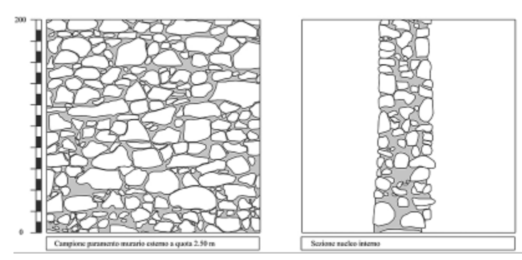


Figura 7
Analisi campione murario (Autori: Rinaldi - Severini)

Il 1440 precede di poco una fase quanto mai intensa e decisiva per il rinnovamento ed il potenziamento dell›architettura militare, tendenza che si manifesterà lungo tutta la penisola italiana e che coinvolge inevitabilmente anche le fortificazioni dell'Italia centrale, meglio nota come «transizione».

Tale fase segna il passaggio dalle tecnicamente obsolete fortificazioni medievali, superamento sentenziato dall›incalzante progresso delle artiglierie, a nuove fortificazioni in grado di fornire una protezione adeguata.

Essa determinò dunque un ricondizionamento delle difese medievali, che divenivano di fatto vulnerabili a questo nuovo tipo di offesa, soprattutto nelle parti più fragili di cui si componeva la fortificazione cioè le merlature, oltre che per l›altezza eccessiva delle torri e l›esiguo spessore delle cortine murarie.

Di conseguenza, apparve subito abbastanza scontata l'intuizione che un prospetto curvilineo avrebbe potuto offrire una area d›incidenza minore all›impatto del proiettile rispetto ad una superficie piana.

A tale soluzione, si associò l›ovvia precauzione di aumentare considerevolmente lo spessore delle murature delle torri, fino ad arrivare, alla fine del XV secolo, alla tecnica del riempimento totale (è il caso, ad esempio, della costipazione delle murature caratterizzanti le torri a S. Eusanio).

Quindi anche quest'architettura fortificata è stata soggetta a transizione; nello specifico le caratteristiche della porzione Nord della cinta muraria e delle torri Est ed Ovest rispondono all'architettura del periodo aragonese[10] (affermazione verificata sia cronologicamente che tipologicamente) (figura 8, 9, 10 ,11, 12, 13, 14 ,15).

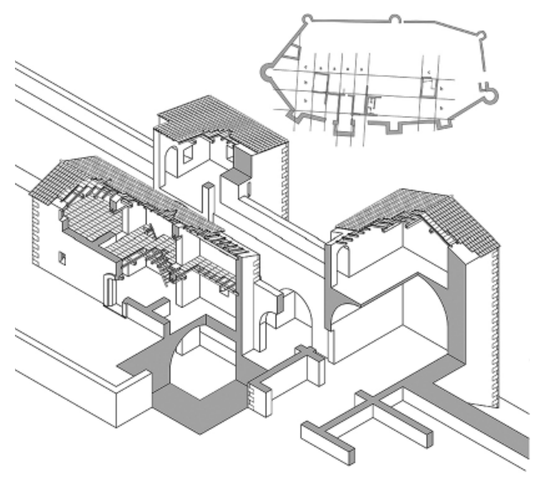


Figura 8
Ipotesi ricostruzione porzione fortificazione e chiesa (Autore: Severini)



Figura 10
Esterno chiesa (Autori: Rinaldi - Severini)

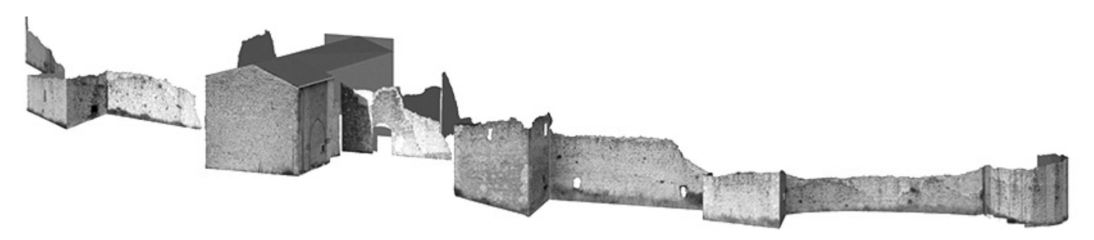


Figura 9
Ricostruzione fotografica cinta muraria lato Sud-Est (Autori: Rinaldi - Severini)



Figura 11
Interno chiesa (Autori: Rinaldi - Severini)

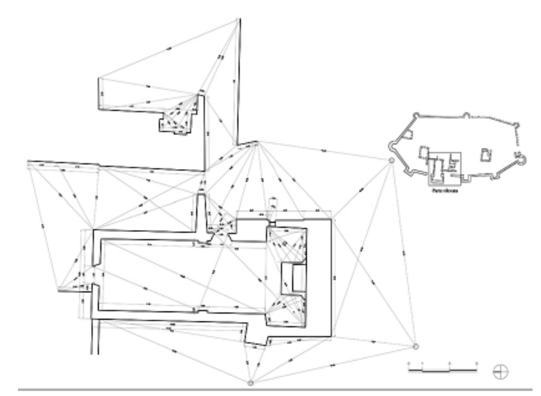


Figura 14
Rilievo planimetrico chiesa (Autore: Severini)



Figura 12
Eidotipo porzione cinta muraria Sud (Autore: Rinaldi)

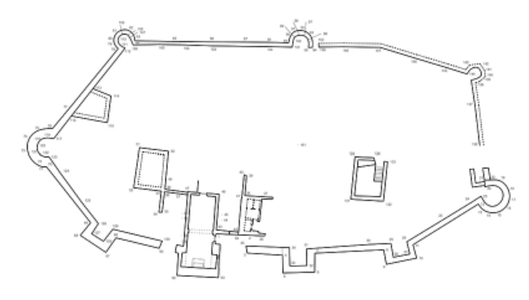


Figura 13
Rilievo planimetrico cinta muraria (Autore: Severini)

Conclusioni

Questa analisi è nata dell'esigenza di studiare in modo approfondito le tipologie, i materiali e le tecniche costruttive delle architetture fortificate che caratterizzano l'entroterra dell'Italia centrale ed in particolar modo l'Abruzzo.

Il confronto con altre architetture assimilabili al fortilizio in questione, è stato reso necessario dall'esigenza di comprendere al meglio e soprattutto più a fondo sia i caratteri costruttivi sia gli scopi che animavano in passato le comunità della zona ad edificare queste imponenti opere architettoniche.

La caratteristica principale che emerge da un primo studio e che accomuna questa tipologia architettonica, in una certa misura militare, è chiaramente lo scopo difensivo sia verso la popolazione stessa (frequenti erano infatti gli attacchi ed i saccheggi da parte ad

esempio dei centri limitrofi) ma anche a guardia delle valli e del Tratturo[11] che dall'Aquila conduceva a Foggia.

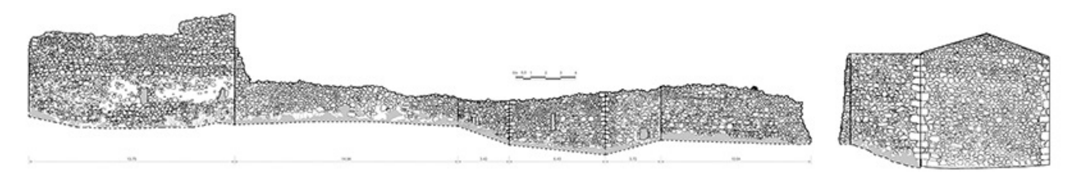


Figura 15
Rilievo architettonico cinta muraria (Autore: Severini)

Questa tendenza tipica del IX sec. (e seguenti) a costruire recinti fortificati isolati (nella maggior parte dei casi sulle sommità di colli) ed a racchiudere i centri abitati all'interno di robuste mura difensive prende il nome di fenomeno dell'incastellamento, chiaramente visibile anche ai giorni nostri soprattutto nell'entroterra Aquilano.

Assimilabili dunque non solo per la stessa funzione difensiva o perché coevi ma anche per i caratteri costruttivi e morfologici che li caratterizzano: notevole spessore degli apparecchi murari costituiti da grandi blocchi di pietra calcarea, modeste aperture (soprattutto feritoie), presenza di torri d'avvistamento: informazioni fondamentali per capire non solo le architetture ed i metodi costruttivi antichi ma anche le strategie difensive e lo stile di vita delle comunità di allora.

Conseguentemente, si riesce ad analizzare in modo più approfondito e consapevole il Castello di S. Eusanio non solo dal punto di vista storico-architettonico ma anche tecnico-costruttivo attraverso quei caratteri che da secoli il fortilizio possiede e che lo contraddistinguono.

Note

1. Dati geografici-territoriali elaborati dall'Istituto Enciclopedico Italiano (1998).
2. L'Archivio generale di Simancas è uno dei cinque archivi di Stato centrali spagnoli, ed in particolare è quello deputato alla conservazione dei documenti della Corona di Castiglia dalla fondazione al 1844.

L'importanza dell'archivio è dovuta al fatto che nel periodo cui si riferiscono i documenti conservati la Spagna dominava molte aree geografiche fra cui alcuni regioni italiane.

3. Importanti informazioni riguardo la Diocesi Forconese possono essere reperite dagli scritti di Signorini (1868).
4. Giancolombino Fatteschi, abate cistercense della provincia romana, lasciò numerose testimonianze riguardanti gli avvenimenti storici a lui coevi (1801).
5. Papa Alessandro III, bolla papale (1171)
6. Anton Ludovico Antinori, testimonianze tratte dal volume Memorie Baronum (1652).
7. Pietro Lalle Camponeschi (anche Petro o Pier Lallo Camponisco) detto Pier Lallo Conte di Montorio, condottiero e connestabile italiano.
8. Ipotesi avvalorata dalla presenza di scassi nelle murature.
9. Ocre, Barisciano e S. Pio delle Camere, comuni dell'entroterra aquilano.
10. Le fortificazioni aragonesi sono state ampiamente analizzate dall'Istituto Italiano dei Castelli, organizzazione culturale senza scopo di lucro, nata nel 1964 e riconosciuta dal Ministero dei Beni Culturali, nel 1991.
11. I Tratturi sono larghi sentieri erbosi, pietrosi o in terra battuta, sempre a fondo naturale, caratteristici dell'Italia centro-meridionale.

Riferimenti bibliografici

Antonini Orlando; Vittorini Marcello. 1999. *Recupero e riqualificazione dei centri storici del comitatus aquilanus : ricerca interdisciplinare, analisi urbanistiche e proposte di piano: documento programmatico preliminare*. L'Aquila: Regione Abruzzo.

Antonini Orlando. 2006. *Villa S. Angelo e dintorni: Tussillo, Casentino, Fontavignone, Stiffe, Campana, S. Eusanio. Fossa, Ocre: l'architettura religiosa*. L'Aquila: One Group.

Barbato Graziana, Del Bufalo Alessandro. 1978. *L'Abruzzo e i centri storici della provincia dell'Aquila: schedatura dei comuni e frazioni di interesse storico-artistico con bibliografia e cronologia degli Abruzzi dal 4. sec. a. C. al 1978*. L'Aquila: M. Ferri.

Bindi Vincenzo. 1982. *Monumenti storico-artistici degli Abruzzi*. Avezzano: A. Polla (ristampa anastatica dell'edizione di Napoli 1889).

D'Aprile Marina. 2001. *Murature Angioino-Aragonesi in terra di lavoro*. Napoli: Arte Tipografica.

Fiengo Giuseppe, Guerriero Luigi. 2003. *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali*. Napoli: Arte tipografica.

Gavini Ignazio Carlo. 1927. *Storia dell'architettura in Abruzzo*. Roma: Bestetti e Tumminelli.

Grottini Domenico. 1991. *S. Eusanio Forconese sec. 12*. L'Aquila.

Moretti Mario. 1922. *Architettura medioevale in Abruzzo: dal 6. al 16. secolo*. Roma: De Luca.

Piccirilli Pietro. 1899. *L'Abruzzo monumentale*. Casalbordino: De Arcangelis.

Santangelo Enrico. 2002. *Castelli e tesori d'arte della Media Valle dell'Aterno: Fossa, Ocre, San Demetrio ne' Vestini, Sant'Eusanio Forconese, Villa Sant'Angelo*. Pescara: Carsa.

La problemática de la construcción del murallón de la ribera en Córdoba. El proyecto de Ignacio de Tomás (1791)

María Dolores Rincón Millán
Amparo Graciani García

En abril de 1791, el arquitecto Ignacio de Tomás (h. 1744–1812) realizó un informe para la reconstrucción del murallón de la ribera de Córdoba. Este Académico de Mérito de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, nombrado en 1774, era miembro de una importante saga de maestros de casas, originaria de Cervera.[1]

Su trayectoria itinerante por distintas poblaciones de España le llevó a asentarse en Córdoba en 1790, donde realizó obras religiosas y civiles, ámbito este último en el que contaba con una importante experiencia previa. Allí en Córdoba afrontó uno de los problemas constructivos más importantes de la ciudad; la reconstrucción del murallón de la ribera que era el muro de contención del Guadalquivir en el tramo comprendido entre el Puente Romano y los molinos harineros de Martos, obras de extrema necesidad por la situación de ruina del propio muro y de las edificaciones contiguas, que incluso inutilizaban el Puente Romano (figura 1).

En el momento de su llegada a Córdoba, el ayuntamiento de la ciudad estaba planteando una vez más la necesidad de frenar las frecuentes avenidas del Guadalquivir en la ciudad y en el Campo de la Verdad,[2] que quedaba en la margen izquierda del río, donde este generaba el meandro, lugar también conocido como Sitio de San Julián, por el Convento de igual nombre; de una parte, que el murallón y las viviendas adosadas a él se encontraban en estado de ruina, y de otra, las inundaciones continuadas del Campo de la Verdad, que hacían presagiar un cambio en el curso del río y que, con ello, el puente quedara inutilizado, es decir, en seco.

En realidad, la responsabilidad de abordar estas intervenciones dependía del Consejo de Castilla, a la sazón a cargo de las obras públicas del Reino. En 1770, el Consejo encargó el proyecto y también la dirección de la obra en vez de sacarla a subasta, argumentando que:

> no son estas obras de la clase que fuera aceptable ponerlas a pública subastación máxime en aquel país que no hay facultativo ejercitado en más obras que la arquitectura civil, en retablos de madera, albañiles, carpinteros, y ninguna al propósito de lo que es menester en las obras presentes para conseguir se empleen los caudales con el mejor acierto, y para llegar a esto hallo por más conveniente que todas las referidas obras se ejecuten por administración a jornal (Sainz y Gutiérrez 1984, 109).

El último intento por parte del Consejo de Castilla por resolver estos problemas, había tenido lugar entre 1770 y 1788, cuyas actuaciones quedaron interrumpidas a la muerte de Carlos III. De hecho, en 1770, a raíz de la notificación por parte de la ciudad del mal estado de la muralla y del puente, el Consejo encomendó a Pedro Folch la realización de un proyecto «planos y condiciones de toda la obra» (Sainz y Gutiérrez 1984, 105–106) que habría de ser revisado por el Ingeniero Comisario de Guerra Marcos de Vierna, y según el cual en 1776 comenzaron las obras bajo la dirección de los maestros Bernardo Otero y Cristóbal de Vega.

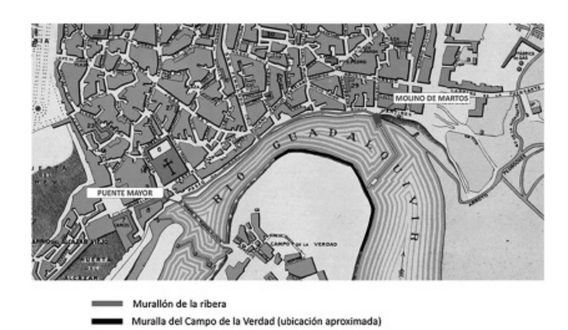


Figura 1
Murallón de la ribera y Muralla del Campo de la Verdad (fot. M.D. Rincón).

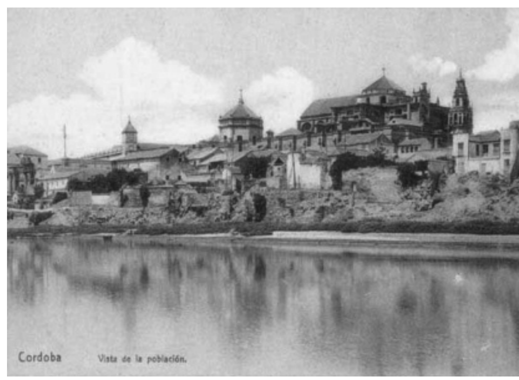


Figura 2
Vista general de Córdoba sin el Murallón de la Ribera. Tarjeta postal s.f.

En esta ocasión, el murallón no llegó a ser reconstruido, a pesar de que en 1773 se había emitido una Real Provisión[3], ordenando su edificación y que su coste (1.080.300 reales) corriera a cargo de la ciudad, a diferencia de las otras actuaciones, que habrían de ser prorrateadas entre todos los pueblos de las provincias afectadas[4]. Esto se debió a que la construcción del murallón se dejó para el final y cuando debieron comenzar no había ya fondos. De hecho, las obras se iniciaron por la muralla del Sitio de San Julián, continuando en marzo de 1778, cuando Otero la dio por concluida[5], por la reparación del puente[6]. Las obras del murallón no llegaron a iniciarse, primero porque en 1784, la muralla de San Julián y el puente, hubieron de ser de nuevo intervenidos a consecuencia de los efectos de la riada de finales de diciembre de 1783 y comienzos de enero de 1784[7]. La parálisis de la administración consiguiente a la muerte en 1788 de Carlos III y la falta de fondos municipales, de propios y arbitrios, para acometer el proyecto, no permitieron acometer la construcción (figura 2).

En 1790, el Consejo Real retomó la idea de construir el murallón, a raíz de las continuas peticiones del municipio, ante el mal estado en que se encontraba a consecuencia de las riadas y el riesgo en:

> los edificios situados a su margen (una Iglesia Parroquial y el Hospital de mugeres reclusas), expuestos á padecer la más lamentable ruina y aun el Puente Mayor en contingencia de inhabilitarse y dejar cerrado el paso de la Carrera a los puertos.[8]

Para la reconstrucción del murallón se presentaron dos proyectos referidos como informes, uno de Tomás, fechado el 20 de octubre de 1791,[9] y otro, que no se conserva, de Vicente López Cardeza, ambos conocedores de la problemática del murallón por su intervención en las obras de reparación del molino harinero y batán de Martos, donde se iniciaba el muro de defensa (figura 3).

Para entender por qué se presentaron dos informes y cómo fue el de Tomás el que finalmente prevaleció, es preciso analizar el proceso de encargo administrativo. Cuando en julio de 1790, el Consejo comunicó al Corregidor de la Ciudad que «dispusiese que por persona inteligente en la clase de obras que se proponía, se reconociesen y tasasen estas, lebantando Plano, trazas y condiciones del modo de executarse…»,

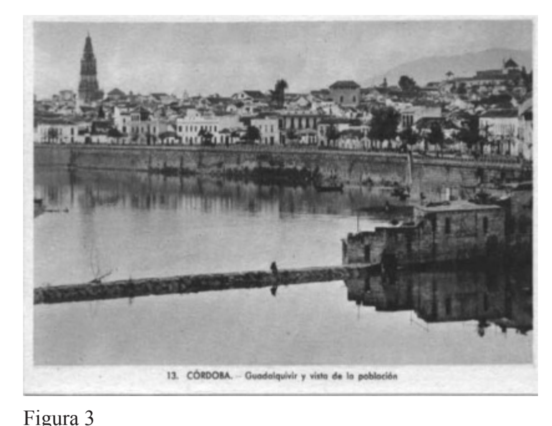


Figura 3
Murallón y Molino de Martos. Tarjeta postal s.f.

el proyecto debió ser encomendado a López Cardeza. Aun así, Tomás, recién llegado a la ciudad, aportó otro informe, argumentando que el proyecto de Cardeza no consideraba que «por algunas partes penetraba este Rio hasta el numero de catorce varas á esta Ciudad, por vajo de los cimientos de sus contiguas casas».[10]

Disponiendo de ambos informes, el Corregidor trasladó al Consejo de Castilla la decisión de qué proyecto aplicar, determinando este, por Real Orden de 24 de septiembre de 1790, que se recurriera al de Tomás,[11] aunque el encargo del Consejo se retrasó ocho meses más, por lo que hasta mayo de 1791 éste no recibió la orden de realizar los «planos de las obras que necesita la ribera del rio Guadalquivir por parte de esta población y su muralla arruinada».[12] Cabe pensar que en el intervalo transcurrido entre julio y septiembre de 1790, López Cardeza debió avanzar el trabajo inicialmente encomendado por el Municipio; así se justificaría que, a pesar de que el encargo definitivo recayó en Tomás, el Maestro de Obras presentara su informe. El documento aportado por López Cardeza fue insistentemente calificado como voluntario a pesar de que él argumentaba que ya había habido un encargo previo por parte del Municipio. Así se entiende, que en 1802, en situación de extrema pobreza, López Cardeza solicitara se le abonara este informe insistiendo que había sido un encargo de la ciudad. Finalmente, la Junta del Murallón, entidad entonces responsable de las obras, resolvió atender su solicitud abonándole 700 reales.[13]

El estudio de este proceso administrativo no solo permite entender por qué se presentaron estos dos proyectos y los procedimientos de gestión de la época y las competencias al respecto, sino que pone en evidencia un cambio de actitud por parte de Ignacio de Tomás, quien, probablemente ante la envergadura de la obra y la importancia que apreció que esta tendría en la ciudad, hizo valer sus atribuciones como académico, como nunca hasta la fecha, para asumir una obra de envergadura tal que pudiera ser su gran empresa. En ello, debieron incidir distintos factores: sus necesidades familiares; el inicio de su consolidación profesional en unos momentos en que comenzaba a recibir encargos en una localidad tan importante como Écija (en Sevilla) y la confianza que le otorgaba el contar con el apoyo de su protector el Obispo Caballero y Góngora.

Un plano, no conservado, acompañaba el informe de Tomás, del que pueden aportarse datos sobre aquel.

El plano, que estaría dibujado a tinta china, no se centraba exclusivamente en el murallón sino que abarcaba el perímetro afectado, en el que las distintas zonas representadas se marcaban con aguadas de color. Así, además de incluir el trazado del Murallón desde su inicio en el Puente Mayor hasta el final en los Molinos Harineros, representaba la zona de la ladera («o ribazo del terrazgo») y las huertas que en ella había, las calles y manzanas de las casas contiguas al murallón, las tres escaleras que él proyectaba para bajar al rio y las alcantarillas existentes. Es por ello que el plano resultaba una fusión de elementos que ya existían y que pensaba o proponía eliminar (como las alcantarillas, las huertas) y de otros que aportaba en su propuesta (las escaleras). Más que un proyecto, el plano debía ser una representación aclaratoria de apoyo a su informe.

Precisamente por ello y dada la amplitud del espacio abordado, el plano conjugaría diferentes escalas gráficas. Una general, bastante pequeña, adecuada a la longitud del murallón, que como veremos se aproximaba a los 1.000 m., y otra mayor, empleada en aquellos detalles que precisaban mayor comprensión; así sabemos que, al menos, incluía uno del pretil que se coronaba con un banco corrido.

Entendemos que el valor del proyecto Tomás residía en que conjugaba propuestas constructivas y de reorganización urbana, a fin de incorporar esta zona de la ciudad a la ribera del río y de articular a través de ellas una carretera de primer orden, en concreto la de Cádiz-Madrid, cuyo paso a través de la ciudad estaba previsto. Este hecho es tan importante que la principal fuente historiográfica con la que se cuenta, además de las documentales, para abordar el estudio de esta obra, es el texto que el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Sainz y Gutiérrez publica en la revista de obras públicas, *Anales*, sobre la construcción del puente de Córdoba en la carretera de primer orden de Madrid-Cádiz ((Sainz y Gutiérrez 1984).

La propuesta constructiva de Tomás incluía la construcción de dos elementos: el murallón y una carretera en la ladera («ribazo») que formaba la rivera.

El arquitecto planteaba construir el murallón aprovechando dos tramos de la muralla preexistente, cuya longitud no aportaba, si bien podemos estimarla en 3.224 pies (aprox. 870 m.), a partir de los

datos que proporcionaba, dimensión que superaba en 100 pies (aprox. 27 m.) la que dos décadas antes refería Folch[14]. En concreto, proponía construir un tramo nuevo (de 2.940 pies lineales, aprox. 794 m), entre los dos tramos que se mantendrían: uno por el extremo contiguo a los molinos harineros (de 162 pies, aprox. 44 m) y otro junto al puente, algo menor (de 122 pies, aprox. 33 m.), y más reciente («de fábrica no muy antigua»), quizás correspondiente a las obras acometidas conforme al proyecto de Folch.

En su informe Tomás abordaba aspectos constructivos de los diferentes elementos del murallón y los posibles materiales de construcción.

El murallón propuesto constaba de dos partes: un primer muro de contención de mampostería hasta el nivel de las aguas, separado por un espacio de tránsito de una vara, y el propio murallón hasta el nivel de la calle, tras el que quedaría el ribazo.

Por lo tortuoso del entorno, en pleno meandro del rio, Tomás planteaba la construcción de este primer muro de contención, valorando tanto las condiciones y la profundidad del lecho del río como la calidad de las aguas. Su propuesta estaba condicionada por la irregularidad del lecho (entre 8 y 14 pies) y las dificultades que, por los depósitos de sedimento, existirían para ejecutar la cimentación de tablestacas, tanto por la acumulación de légamo como por la existencia de fragmentos del muro antiguo, arrumbados con el tiempo. Así, indicaba que:

> la profundidad de sus aguas es varia y por lo general es de ocho hasta catorce pies, bien que en algunas partes no llega, y en otras excede, cuyo suelo es de un legamo bastante solido que claban las estacas, aunque sean herradas, con bastante dificultad, ó repugnacia»…«en algunas partes se halla limpio, en otras con algún cascajo y en otras ocupado con los fragmentos y piedras de la ruina del Murallón antiguo.[15]

Por estas circunstancias, proponía cimentar el muro de mampostería aplicando tres soluciones distintas en función de las características del lecho del rio, marcando en el plano con líneas de separación cuatro zonas («sitios o líneas») en función de sus propuestas.

En la «parte superior» del murallón antiguo, es decir por el lado de los molinos, estimaba que no era necesario reforzar la cimentación de las estructuras preexistentes, bastando con incorporarlas al nuevo murallón, ya que al ser «todo ello de fábrica… deve darse por firme y por lo mismo no necesita de cimiento alguno».

Para la parte restante, proponía tres soluciones. En el tramo contiguo al anterior, donde el terreno era «falso», planteaba achicar las aguas para llegar al firme y construir una cimentación de hormigón de argamasa y guijo, en distribución homogénea, bien compactada («bien machacado y apretado a golpe de pisones pesados»). Para los dos tramos siguientes, proponía usar ataguías, que en el tramo inferior, el más próximo al puente, se utilizarían solo puntualmente. Por las condiciones del rio insistía en que las ataguías del tramo principal, el más largo y más expuesto a las crecidas, debían ser «bien macizas y firmes», sobre un cimiento de sillería y con terminación de mampostería.

Entre este primer muro y el murallón propiamente dicho, planteaba un espacio de tránsito, especificando sus dimensiones y su pavimento, con:

> lozas de un pie de grueso y cuatro de ancho, puestas orizontales, con dos dedos de declinación ácia la parte del rio, que servirán para el tránsito de las gentes en toda aquella línea, o longitud cuyo paso quedará de una vara y lo restante metido en la fábrica del prenotado murallón que debe sentarse sobre ellas para su precisa sujeción[16].

Estas referencias métricas nos resultan de especial interés por dos razones. La primera, porque con este dato podemos saber que el murallón habría de tener un pie de espesor, información que, curiosamente, el arquitecto no refería. La segunda, porque permite conocer que el paso habría de tener solo una vara de anchura, por lo que sería solo para facilitar la propia obra, transportar los materiales constructivos y acceder al rio mediante tres escaleras, que Tomás reflejaba en el plano (señaladas con la letra C) y que incorporaban mesetas intermedias y «barandas o antepechos de piedra de cantería labrada».

Una vez definidos el procedimiento y los métodos de la construcción de los cimientos hasta el nivel del agua, el arquitecto abordaba la construcción del propio muro, que alcanzaría los 26 pies (7 m.). Constaría de una primera parte, hasta los 16 pies. (4 m.), de cantería («á picon ó escodada») y en talud, una segunda, de perfil recto, de 10 pies. (3 m), de mampostería y un remate corrido con un banco y respaldo que habría de servir como pretil. La construcción del talud sería una de las dos cuestiones que la Acade-

mia, en su informe del 5 de mayo de 1792, objetaría al proyecto de Tomás[17].

Además de concretar el sistema constructivo, Tomás aportaba datos sobre los materiales de construcción a emplear: mampostería en el primer muro y en la parte superior del propio murallón y sillería en su parte baja, con piedra de Caleña:

> …toda la nominada piedra de cantería será de la mejor calidad, de la que llaman de Caleña ó franca, de las canteras que hay á las inmediaciones de esta Ciudad.[18]

Años atrás, en 1772, Folch habría propuesto utilizar piedra del Norte de España; así lo estimamos ya que las referencias al proyecto de Folch, transmitidas por Sáinz, parecen contener errores en la transcripción del nombre las canteras que refiere «del Lastral y Cambayón», entendiendo que pudiera tratarse de las de La Lastra, en Cantabria, y las de Carbayón, en Asturias (Sainz y Gutiérrez 1984, 109).

Tomás proponía terraplenar y adec entar el espacio que quedaba entre el murallón y las casas, cuya anchura no refería, pero que Folch, en su proyecto de 1772, refería como un paseo de 15 pies (Sainz y Gutiérrez 1984, 109). Para ello, tras nivelarlo, bastarían dos tongadas de guijo y una de arena hasta alcanzar un pie de espesor, habiendo este de duplicarse en caso de que la carretera de primer orden Madrid-Cádiz pasara por allí, además de ampliar su anchura a costa de ocupar dos huertos de la ribera (que marcaba en el plano con la letra G y línea encarnada).

> Despues de haver terraplenado todo el expacio que quedará desde el nuevo Murallon hasta la ladera ó ribazo del terrazgo que forma la rivera, se colocará encima dos tongadas de Guijo, la primera gordo ó mediano y la segunda menudo y esta se cubrirá luego con otra de Arena… Si se determina que la carretera pase por esta parte para el comodo transito de los transeúntes y aun de los vecinos como está indicado, será necesario cortar de los dos Huertos que anota la letra G la parte que señalan las líneas que tienen encarnadas, para la suficiente anchura que necesita, y el dár a dicho enguijado dos pies de grueso[19].

Tomás tasó estas actuaciones en 2.952.300 Rv, cantidad que superaba en más del doble a la tasación de Cardeza (1.230.000 Rv.), y casi triplicaba la valoración que en 1772 hiciera Folch (1.080.300 Rv.). Pese a la disparidad de las valoraciones de Tomás y Cardeza, ambos coincidían en la urgencia de realizar la obra. Su inicio dependía, en su totalidad, de que se aportaran los caudales necesarios.[20] Ante la posibilidad de que se impusieran nuevos arbitrios sobre la población, el Conde de Villaverde la Alta, Gonzalo de Aguayo y Manrique, uno de los Veinticuatro de la Ciudad, que lo desaprobaba, redactó un informe, fechado a 17 de enero de 1792, en el que proponía vías alternativas para la obtención de fondos.[21]

Aunque en junio de 1792, por Real Provisión se ordenó al Intendente de la provincia que se acopiaran los materiales necesarios para el inicio de la obra[22] éstas tardaron años en iniciarse. La cuestión se retomó en 1802, año en que el 26 de febrero se celebró una Junta municipal para tratar este asunto, y en la que se acordó que el arquitecto académico José Miguel de Toraya llevara a cabo la dirección de las obras conforme al proyecto de Tomás pero adecuándolo a las variaciones que se hubieran producido en el entorno durante el intervalo transcurrido. En esta sesión se le plantea, incluso, la posibilidad de acometer la obra por tramos.[23]

Las obras, que comenzaron en fecha indeterminada, se realizaron muy lentamente, de modo que cuando, en enero de 1810 por falta de fondos, estas se paralizaron, solo se habían construido 125 varas lineales (aproximadamente 100 m). Las obras se retomaron en 1818, fecha en que se encomendó a Nicolás Duroni[24] y Pedro de Lara que hicieran nuevos reconocimientos (Sainz y Gutiérrez 1984, 121–122).

Notas

1. Según Serra Masdeu (2009) en esta población y en otras importantes del entorno (como Tàrrega, Solsona y Balaguer) se han constatado linajes de *maestros de casas*.
2. Castejón y Martínez de Arizala (1927) refiere que la zona del Campo de la Verdad debía su nombre a una leyenda transmitida popularmente, según la cual en 1368, Alonso de Montemayor, que capitaneaba las tropas cordobesas partidarias de Enrique II de Trastámara que se enfrentarían con las de Pedro I *el Cruel*, que tenían sitiada la ciudad, al ser acusado de traición respondió a su madre, que «en el campo se verá la verdad» cuando esta le preguntó si era cierto que iba al campo de batalla para entregar la ciudad.
3. Sainz y Gutiérrez (1984) refiere que esta fue la primera de las cinco Reales Provisiones que se emitieron a partir del informe de Folch. En la segunda, de septiembre de 1774, se repartía entre los pueblos de las seis provincias (Sevilla, Granada, Jaén, Extremadura, Mancha

y Córdoba) el gasto de las otras obras; en la tercera, de agosto de 1775, se aprobaba el prorrateo entre las seis provincias; en la cuarta, en septiembre de 1775, se repartía este entre los respectivos vecinos; y en la de mayo de 1776, se aprobaban las anteriores y se designa a los maestros D. Bernardo Otero, como Director de Obra, y a D. Cristóbal de Vega como su Ayudante.

4. Según Sainz y Gutiérrez (1984) «…para que la ciudad satisfaciese por sí sola del caudal sobrante de sus propios y arbitrios los 1.080.300 reales en que se había tasado el reparo de la muralla para defensa de la misma, por ser la única interesada en su subsistencia además de la parte que le correspondiese por lo respectivo a las demás obras».
5. Aunque se siguió el proyecto de Folch, Otero construyó la muralla con más altura y reforzando su trasdós, en palabras Sainz y Gutiérrez (1984) «excepto lo innovado en aumento de elevación y relleno de trasdós para mayor solidez».
6. El mismo autor detalla el desarrollo de las obras de Otero en el puente.
7. La muralla del Sitio de San Julián se derrumbó casi totalmente por su mala cimentación.
8. Reales Provisiones sobre la obra del Murallón, Archivo Municipal de Córdoba, Fondo Histórico del Concejo/ Ayuntamiento de Córdoba, S - AH040402 - Disposiciones normativas y expedientes, sign. SF/C 00102-001.
9. Ut supra.
10. Ut supra. El Corregidor refiere la opinión de Ignacio de Tomás al respecto como informe.
11. Ut supra. Se indica que «se valiese para dichos reconocimientos del Arquitecto D. Ignacio Tomas, establecido en esa ciudad».
12. Ut supra.
13. Murallón de la Ribera. Libro de actas de la Junta del Murallón de la Ribera. Restaurado. Archivo Municipal de Córdoba, Fondo Histórico del Concejo/ Ayuntamiento de Córdoba, S - AH040401 - Libros de actas, sign. SF/L 03403.

    En el libro de actas de la Junta del Murallón de la Ribera del 2 de enero de 1802, se lee un memorial de Vicente López Cardeza en el que expone: «…que cuando el Arquitecto D. Ignacio de Tomás, levantó el Plano, que aprovó la Real Academia para la obra del Murallon, ejecutó él otro por haverlo prevenido la Ciudad; y mediante á que en ello dio bastante travajo, y no se le ha satisfecho, pide se le gratifique con lo que la Junta tenga por combeniente entendida su mucha pobreza…». Poco después, en Junta de 7 de marzo de 1802, se acordó librarle «la cantidad de 700 Rv por el Plan que levantó».
14. Sainz y Gutiérrez (1984) refiere que según Folch, el murallón tenía 2.250 pies (aproximadamente 607 m.) de longitud.
15. Vid. nota 8.
16. Ut supra.
17. Real Academia de las Bellas Artes de San Fernando. Archivo General. Actas de las Comisiones de Arquitectura. Acta nº 88, 05–05–1792 *(fol. 190v–191r)*.
18. Vid nota 8.
19. Ut supra.
20. Ut supra. Una de las casas en riesgo era la Casa Cuartel de Regimiento de Infantería de Burgos, entonces de Caballería, por lo que su señorío decidió asumir los arbitrios necesarios para la obra.
21. Ut supra. En concreto proponía recaudar fondos a través de corridas de toros, aplicar el impuesto de paja y utensilios también a los forasteros, contar con al menos alguna aportación de cada vecino de las casas de la ribera, y con aportación eclesiástica y con los sobrantes de los propios y arbitrios cuando hubiera.
22. Ut supra.
23. Vid nota 8. En la Junta de febrero de 1802, para tratar la obra del murallón, se dice: «habiendo conferenciado largamente sobre el mal estado de la Rivera… y por consiguiente cada día urge más la reparacion de este barrio, construyendo la Muralla ó cortina, según estime mandato el Real Consejo; a cuya obra no se ha dado principio aun/con harto sentimiento de la Junta, que dexo con arbitrio su execucion/por no haver los caudales suficientes para ello; y con noticia de hallarse en esta Ciudad el Arquitecto Académico de la Real Academia de San Fernando, D. José Miguel Toralla, de cuya pericia está la Junta bien enterada… acordó nombrarle para que reconociese y valuase el Plan en toda su longitud y en la parte contigua a la Poblacion, para tener seguro conocimiento de la misma, respecto a las variaciones posibles, desde que D. Ignacio de Tomás levantó Planos que aprobó la Real Academia, y se confirme si la obra podrá dividirse en trozos..».
24. Según Valverde Madrid (1974), José Nicolás Duroni, de origen italiano, llegó a Córdoba a finales del siglo XVIII, de la mano del arquitecto italiano Juan Bautista Nebroni, con el que estaba emparentado por línea materna. Nebroni, colaborador de Sabatini, trazó a instancias de Carlos III las Nuevas Poblaciones de Sierra Morena. La principal obra de Duroni, fechada en 1799, fue la portada neoclásica de la Iglesia de las Mercedes de Priego de Córdoba, iglesia barroca en la que había trabajado, en 1780, el arquitecto prieguense Francisco Javier Predajas, realizando los retablos.

Lista de referencias

Castejón y Martínez de Arizala, Rafael. 1927. Las fuentes musulmanas en la batalla del Campo de la Verdad

(1368). *Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba*, 20: 535–554.

Sainz y Gutiérrez, Luis. 1984. Datos históricos acerca de la construcción del puente llamado de Córdoba en la carretera de primer orden de Madrid a Cádiz. *Anales. Revista de Obras Públicas*. Tomo III, 1.

Serra Masdeu, Anna Isabel. (2009) Los Tomás, un linaje de maestros de casas del siglo XVIII. *Boletín de la Real Academia de las Bellas Artes de San Jordi*, 23–24: 93–102.

Valverde Madrid, José. 1974. *Ensayo socio-histórico de retablistas cordobeses del siglo XVIII*. Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba. Córdoba.

Iglesia Anglicana de Paranapiacaba

Gustavo Rodrigues Secco
Ana Lúcia Arantes da Silva
Larissa Lie Nagase

El objetivo de este trabajo es el estudio de caso de la Iglesia Anglicana de Paranapiacaba, ubicada en una villa brasileña que fue construida por el ferrocarril inglés São Paulo Railway Company para atender las necesidades del transporte ferroviario y asegurar el funcionamiento de la vía férrea. Considerando que el ferrocarril tiene una relación directa en el contexto histórico del objeto de esta investigación, en la primera parte de este trabajo se buscó contextualizar la implantación y el desarrollo del ferrocarril en Brasil, especialmente en lo que respecta a la empresa responsable de la construcción de la iglesia, y también la formación de la Villa de Paranapiacaba.

Contexto histórico: el desarrollo del ferrocarril en San Pablo

En 1835 se promulgaron en Brasil las primeras leyes y se establecieron los primeros proyectos que permitieron la instauración de las líneas ferroviarias en el país (Matos 1974). Hasta la época la comunicación entre regiones era limitada, con caminos precarios, sin ningún tipo de preparación delsuelo y solamente estaban pavimentados o adoquinados en ciudades y pueblos cercanos (Freitas 1902).

El desarrollo ferroviario en Brasil tuvo su comienzo con una serie de iniciativas sin resultados concretos (Pinto 1908). A posteriori se produjo una segunda etapa con avances positivos, como consecuencia de las concesiones ferroviarias del Gobierno Imperial. Este hecho promovió la construcción de ferrocarriles en el país (Pinto 1908) y la inauguración del primer tramo ferroviario brasileño en 1854, que unía Mauá con Fragoso, en Río de Janeiro (Bem 1998).En este mismo periodo se estableció la primera línea de ferrocarril del Estado de San Pablo, implantada por la Sao Paulo RailwayCompany – SPR. Diseñada por ingenieros británicos y financiada con capital inglés, esta línea fue inaugurada en 1867, uniendo el Puerto de Santos a las ciudades de San Pablo y Jundiaí, territorio productor de café. Con 139 kilómetros de largo, esta línea fue el punto de partida para implementación de una amplia red de ferrocarriles en el Estado de San Pablo.

La ruta de conexión con el Puerto de Santos poseía como tramo de mayor complicación el llamado Serra do Mar, cuyo desnivel de cerca de 800 metros fue salvado mediante la instalación de un complejo sistema de cables de tracción mecánica, denominado funicular. El sistema estaba compuesto por un complejo conjunto de obras de ingeniería que, según Pinto, merecen el título de monumento: «en su variedad, magnitud e importancia técnica… es un complejo tan extraordinario que no se puede encontrar equivalentes en todo el mundo» (Pinto 1908, 101). Los campamentos de apoyo instalados durante su construcción dieron origen a la Villa de Paranapiacaba, donde se sitúa el objeto de estudio de este trabajo.

La SPR poseía el monopolio del transporte hasta el Puerto y dicha condición proporcionó enormes beneficios para la empresa que no demostró interés en

prolongar el desarrollo del ferrocarril en el resto del Estado. Esto favoreció que se establecieron y desarrollaron varias compañías ferroviariascuyos caminos de hierro atravesaron el Estado siguiendo los territorios del cultivo de café, favoreciendo el desarrollo de regiones y estableciendo ciudades (Silva 2014; Mazzoco y Santos 2005).

En 1892 la capacidad de transporte y de almacenamiento se encontraba agotada, por lo cual SPR comenzó a duplicar la línea de ferrocarril, con una mayor capacidad de tracción a través de la implantación de un segundo sistema de funicular, construido en paralelo a la antigua línea (Mazzoco y Santos 2005).

A partir de 1920, la SPR emprendió negociaciones con el gobierno brasileño para renovar la concesión de la línea. El gobierno brasileño exigió condiciones estrictas para aprobar la renovación de la concesión, que, añadido a la apertura de un segundo acceso ferroviario al Puerto de Santos, en 1937, produjeron el desinterés de los británicos por el ferrocarril (Mazzoco y Santos 2005).En 1946 la concesión concluyó, la SPR se volvió propiedad del gobierno brasileño y en consecuencia cambio su nombre a Estrada de Ferro Santos a Jundiaí. Durante ese mismo año, Brasil comenzó a adoptar una política de desarrollo de la red de carreteras (Mazzoco y Santos 2005). En la década de los 50, los ferrocarriles federales se unificaron en una única empresa: Rede Ferroviaria Federal S.A. – RFFSA, responsable de la aplicación de la política de supresión de las líneas de ferrocarril no rentables.

Con los años, la falta de interés del gobierno condujo los ferrocarriles al abandono mediante el cierre de líneas y estaciones, provocando la transformación de las locomotoras y los vagones en chatarra, sin olvidar la pérdida de toda la memoria documental. En el caso de la SPR, se produjeron varios incendios en las estaciones de trenes, provocando la pérdida de documentos contables, informes y diseños de arquitectura e ingeniería. En la década de 1990, con el inicio del proceso de privatización y desaparición de la RFFSA, la situación se agravó con el cierre de los archivos de las antiguas compañías así como su colección histórica – incluyendo documentos, edificios, maquinaria y todo tipo de elementos del ferrocarril – que no recibió las adecuadas acciones de conservación.Como consecuencia de este proceso, hoy no se encuentran disponibles para su consulta o estudio documentos técnicos propiedad de la SPR, extensible a la mayoría de los ferrocarriles brasileños. Toda la memoria documental de la construcción y del funcionamiento de este importante ferrocarril se perdió. El escaso material que los investigadores pueden estudiar se encuentra publicado en los libros o se obtiene mediante el análisis de las edificaciones y construcciones.

En 1996, incluido en el proceso de privatización de los ferrocarriles brasileños, las vías de propiedad de la antigua Sao Paulo Railway Company fueron adjudicadas a la empresa MRS Logística S.A., pero las propiedades que ya no eran necesarias para la explotación de las líneas permanecieron en propiedad de la RFFSA. Una de dichas propiedades era la Villa de Paranapiacaba así como todas sus edificaciones. Vacía de sus funciones requeridas por la explotación del transporte ferroviario, al no estar adaptadas a las características del actual transporte por ferrocarril, la Villa comenzó a ser deshabitada por sus habitantes provocando el total abandono de las edificaciones. En el caso específico de la Iglesia Anglicana de Paranapiacaba comenzó con el exilio de los británicos en 1946, ocasionando la pérdida del sentido de existencia del edificio. Su uso fue trasladado a la Iglesia Unida y posteriormente a la Iglesia Presbiteriana, que la hábito hasta 1998. En 2002, la RFFSA vendió la Villa y todos los edificios al Ayuntamiento de Santo André, con el compromiso de rehabilitar la Villa y fomentarla a través del turismo cultural, ecológico y de aventura, objetivo aún muy lejos de alcanzarse.

Con la extinción de la RFFSA, en 2007, se inició un amplio inventario de los bienes históricos de los ferrocarriles brasileños, desarrollado por el Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional – IPHAN. Una gran cantidad de edificios ferroviarios de valor histórico fueron reconocidos a través de la catalogación, incluyendo los centros urbanos y todos los edificios de Paranapiacaba.[1] El desarrollo del inventario resultó incluso en estudios de edificios previamente catalogados, añadiendo nuevas e importantes informaciones, como ejemplo la Iglesia Anglicana, objeto de este estudio.

Aunque el edificio fue empleado como iglesia hasta 1998, su función fue desconocida durante muchos años por la mayoría de los estudiosos, lo que hizo que fuera declarada residencia común en todas las catalogaciones realizadas de la Villa de Paranapiacaba. Esta información empezó a ser rectificada en 2010, durante el desarrollo del capítulo del inventario cultural de los ferrocarriles brasileños referente al

patrimonio construido por la SPR. Los estudios sobre el edificio se desarrollaron entre 2010 y 2015, estructurado en dos líneas de investigación: la investigación y el análisis de la tipología arquitectónica y la identificación de las técnicas de construcción.

La formación de la Villa de Paranapiacaba

La Villa de Paranapiacaba surgió alrededor de 1860 como un campamento de obreros que trabajaban en la construcción del ferrocarril. La ocupación inicial tuvo lugar en ubicaciones que hoy corresponden al centro urbano denominado de Villa Vieja. Eran viviendas precarias, con paredes de tapia y techo de paja, desordenadamente distribuidas en los alrededores de la única calle establecida – la Calle Derecha, que daba acceso a los almacenes, talleres y la primera estación de trenes Alto da Serra (Azevedo 1865). El sistema funicular requería una gran cantidad de mano de obra en su operación, lo que exigió que los trabajadores se quedasen en la Villa. Por lo tanto, con la conclusión de la construcción de ferrocarriles, los británicos comenzaron a reemplazar las antiguas viviendas de tapia por viviendas de madera con cimentaciones de albañilería de piedra y así el campamento original se transformó en un pueblo (Santos 1981). Décadas después, la implementación del segundo sistema funicular requirió la expansión del patio de maniobras, de la estación de trenes, de los talleres y del pueblo en sí.

Al contrario de lo que ocurrió en la ocupación inicial, el área destinada a la ampliación de la Villa fue merecedora de gran atención por parte de los británicos: una costosa y pionera estructura para el Brasil de entonces fue cuidadosamente planeada, para ordenar el crecimiento del núcleo urbano existente y alojar un número creciente de trabajadores encargados de administrar, operar y mantener las estructuras ferroviarias de la Villa y de ambos funiculares. Este nuevo núcleo urbano fue denominado Villa Nueva o Villa Martin Smith, y el nombre de Villa Vieja fue atribuido a la primera ocupación británica en Alto da Serra. También hay un tercer núcleo urbano de ocupación espontánea no realizado por la SPR y denominado Villa Alta por ubicarse en la cuesta de la colina. Juntos, los núcleos urbanos de Villa Vieja, Villa Martin Smith y Villa Alta formaron la denominada Villa de Paranapiacaba (figura 1).



Figura 1
Vista de la Villa de Paranapiacaba en 1940: 1. Villa Vieja; 2. Villa Martin Smith; 3. Villa Alta; 4. estaciones de trenes Alto da Serra; 5. Iglesia Anglicana (ENFA – Empresa Nacional de Fotos Aéreas; Instituto Geográfico y Cartográfico)

La Villa Martin Smith fue construida a partir de un plano urbanístico de vías jerarquizadas (principales, secundarias y callejuelas sanitarias) que definían cuadras de geometría ortogonal y regular. Se estableció una zonificación para ocupación de los lotes: vivienda para ingenieros, vivienda para obreros casados, vivienda para obreros solteros, áreas para comercio y ocio (Santos 1981), y cada tipo de ocupación correspondía a una tipología arquitectónica (Lima y Azevedo 2014). También había mercado, panadería, clubes recreativos, escuela y campo de fútbol, equipamientos urbanos que se añadían al ya existente hospital, instalado en Villa Vieja.

En Paranapiacaba, las edificaciones de madera son predominantes y los pocos edificios construidos por los británicos totalmente en albañilería de ladrillos cerámicos fueron aquellos destinados al abrigo de vehículos ferroviarios y a las salas de máquinas de los sistemas funiculares. Las residencias, el hospital, los clubes recreativos e incluso la estación de trenes fueron construidos en madera. De acuerdo con Lima y Azevedo (2014), Inglaterra, paralelamente al uso y al perfeccionamiento de otras técnicas constructivas, desarrolló una arquitectura en madera que a lo largo del tiempo se ha sido ampliamente utilizada en edificaciones civiles y religiosos, convirtiéndose en una técnica tradicional en la cultura anglosajona.

Los materiales y técnicas constructivas, así como el plan urbanístico de Paranapiacaba, son registros culturales y económicos de la presencia británica en suelo brasileño. Las viviendas son edificios construidos en madera, con porches y aislados del suelo por paredes de albañilería de ladrillos cerámicos sobrepuestos a cimientos de albañilería de piedras, con un concepto de ocupación muy diferente del legado por la colonización portuguesa: las viviendas fueron construidas en bloques de dos, cuatro o seis unidades, según la tipología arquitectónica, siempre adosadas y con frentes e fondos ocupados por zonas ajardinadas. Sólo las casas de los ingenieros se encontraban aisladas. El empleo de las mismas técnicas constructivas en todos los edificios residenciales creó unidad de fachadas, haciendo de ambos núcleos urbanos – Villa Vieja y Villa Martin Smith – un conjunto armónico y muy homogéneo, de aspecto sumamente diferente al resto de las ciudades brasileñas.



Figura 2
Fachada principal de la Iglesia (Fotografía de los autores)

La iglesia: Orígenes, arquitectura y técnicas constructivas

La iglesia fue construida en la Calle de la Estación, principal enlace de la Villa Vieja con Villa Martin Smith, en frente al Largo de los Panaderos, a las estaciones de trenes Alto da Serra y a la pasarela de acceso a Villa Alta. Se desconoce el año de su construcción, pero por estar enclavada en Villa Vieja y próxima a la primera estación, se supone que su construcción se remonta al período 1860–1867,[2] cuando la SPR estableció las estructuras necesarias para la construcción de la línea férrea e inició la operación del ferrocarril. Esta hipótesis es reforzada por Mendonça (2005) al afirmar que el culto anglicano en Brasil se inició en Río de Janeiro en 1820, llegando más tarde a San Pablo por medio de los empleados que construían el ferrocarril entre Santos y Jundiaí.

Arquitectónicamente, la iglesia es de gran simplicidad, pasando desapercibida por visitantes e incluso por los actuales habitantes de Paranapiacaba. Su edificio es discreto, de pequeñas dimensiones, y pasa como una simple vivienda de obrero construida por los británicos (figura 2). Es precisamente en este aspecto que está la relevancia histórica del edificio: es el único edificio religioso conocido en Brasil que presenta características definidas por el Tratado de Comercio y Navegación entre Portugal e Inglaterra, firmado en 1810.[3]

Este tratado, en su artículo 12, permitió la práctica religiosa no católica y la implantación de lugares para la práctica de culto en todo el territorio del Reino Portugués:

> Su Alteza Real el príncipe regente de Portugal declara y se obliga en su propio nombre ... a que los vasallos de Su MajestadBritánica residentes en sus territorios y dominios no serán perturbados, inquietados, perseguidos o molestados por su religión, pero antes tendrán perfecta libertad de conciencia y permiso para asistir y celebrar el servicio divino en honor del todopoderoso Dios, tanto dentro de sus casas privadascomo en sus iglesias y capillas privadas, que Su Alteza Real ahora y para siempre graciosamente les concede el permiso de edificar y mantener dentro de sus dominios. Sin embargo, las iglesias y capillas serán construidas de tal manera que externamente se asemejen a viviendas; y también que el uso de las campanas no les sea permitido con el fin de anunciar públicamente las horas del servicio divino. ... Pero si se demuestra que ellos predican o declaran públicamente contra la religión católica, o que ellos intentan hacer prosélitos o conversiones, las personas que así delinquen podrán, manifestado su delito, ser expulsadas del país en que la ofensa se ha cometido. ... Y si la ofensa es tan grave y tan enorme que perturba la tranquilidad pública y pone en peligro la seguridad de las instituciones de la

iglesia y del Estado establecidas por las leyes, las personas que tal ofensa hagan, habiendo la debida prueba del hecho, podrán ser expulsadas de los dominios de Portugal. (Calvo 1862, 192–94)

Sin embargo, cuando la Iglesia Anglicana de Paranapiacaba fue construida, Brasil era una nación independiente y el Tratado de Comercio y Navegación entre Portugal e Inglaterra ya había sido revocado.[4] Pero la Constitución Política del Imperio del Brasil, de 1824, mantuvo, por medio de su artículo 5, las mismas condiciones definidas en el Tratado de 1810 para la práctica religiosa no católica. La iglesia fue edificada para cumplir con las determinaciones de este artículo constitucional y se destinaba a la atención religiosa de los británicos traídos por la SPR para la construcción, administración y operación del ferrocarril. Sus pequeñas dimensiones indican que pocas familias de religión protestante habitaban Paranapiacaba, posiblemente sólo familias de ingenieros británicos que supervisaban la operación del sistema funicular.

La iglesia es adosada a un conjunto de construcciones residenciales y al lado de una fuente pública. Este conjunto comparte con el pequeño templo sólo la escalera de acceso y la pared divisoria, ya que presentan cobertura y sistema estructural independientes. La iglesia, sin embargo, no sigue la misma alineación de esas residencias, estando un poco adelantada a ellas, y destaca por su posición en la esquina junto a la fuente. Desde el porche del pequeño templo, se observa todo el patio ferroviario y desde él era posible visualizar las dos estaciones de trenes construidas por la SPR en Paranapiacaba[5] (figura 3). Como ocurre con las demás residencias de la Villa, el sanitario del templo es externo y se ubica en los fondos del inmueble.

Su planta baja es dividida en el centro por una pared, con la nave dispuesta a la izquierda y tres habitaciones a la derecha (figura 4). Estas habitaciones, cuyo uso inicial es desconocido, se sitúan entre la nave y el conjunto de residencias adosadas al pequeño templo. Es posible que estas dependencias se vincularan, en su origen, a la iglesia, sirviendo, por ejemplo, para la vivienda del reverendo, una vez que comparten con el templo características constructivas que no se observan en las demás residencias de Villa Vieja, como el sistema de encaje y el sentido de instalación de las tablas de madera de las paredes. De

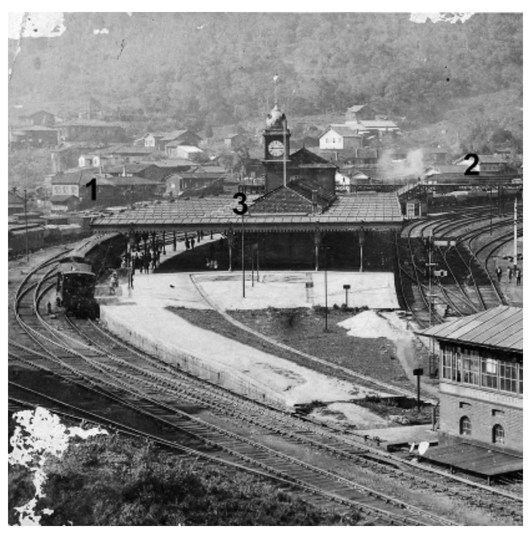


Figura 3
Vista de la Villa de Paranapiacaba: 1 – la Iglesia Anglicana; 2 – la primera estación de trenes Alto da Serra; 3 – la segunda estación de trenes Alto da Serra (Colección RFFSA).

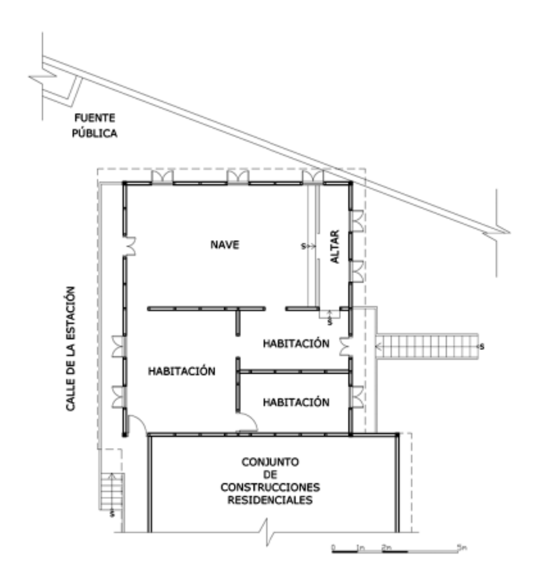


Figura 4
Planta baja (Dibujo de los autores)

todos modos, se observa que la compartimentación de la planta baja de la iglesia trabaja para perfeccionar el aislamiento acústico, separando el ambiente de

cultos de cualquier contacto directo con los inmuebles vecinos.

El edificio de la iglesia comparte los mismos materiales y técnicas constructivas utilizadas por la SPR en las demás edificaciones de Paranapiacaba: albañilería de piedras, albañilería de ladrillos cerámicos, estructura y revestimiento de paredes y pisos hechos de madera y cubierta en tejas cerámicas. Sin embargo, por tratarse de una edificación religiosa y configurarse como una tipología única, presenta recursos no encontrados en las residencias comunes y soluciones que no presentan similitud en los demás edificios de la Villa.

Las cimentaciones están formadas por bloques de piedra bruta con 0,40 metros de ancho y aproximadamente 2 metros de profundidad. Sobrepuestas a las cimentaciones, se encuentran paredes y pilares de albañilería de ladrillos cerámicos que se eleva hasta alcanzar el nivel de la plataforma de madera que define el piso bajo de la iglesia, creando, en función de la topografía, un amplio sótano. Los dos tipos de albañilería están asentados con argamasa de cal y arena. Una fina capa de alquitrán y arena se encuentra entre los dos tipos de albañilería, configurándose como capa aislante[6] entre los materiales, con el objetivo de dificultar la propagación de humedad proveniente del suelo. Según Lima y Azevedo (2014), las piedras utilizadas en las construcciones en Paranapiacaba fueron extraídas del proprio terreno.

La elevación del suelo bajo, construido en madera, es un recurso tradicional de la arquitectura anglosajona (Lima Y Azevedo 2014) utilizado para alejar los elementos de madera de la humedad proveniente del suelo. La combinación de los tipos de albañilería también pretende proteger la madera de la humedad, en la medida en quela albañilería de piedra reduce significativamente el proceso de transferencia de la humedad del suelo a la albañilería de ladrillos cerámicos.

Las paredes de albañilería de ladrillos cerámicos recorren todo el perímetro del templo, delimitando el espacio del sótano, y cuentan con pequeñas aberturas para ventilación, mientras que los pilares de albañilería de ladrillos se localizan distribuidos por el interior del sótano. Ambos son puntos de apoyo de pilares de madera que estructuran las paredes, la cubierta y las vigas de hierro que sostienen los barrotes de madera del piso. En la parte superior de la albañilería de ladrillos, se encuentra otra capa aislante compuesta por alquitrán y arena, y sobre ella asientan las vigas de madera que integran la estructura del piso. Esta capa aislante evita el contacto directo de la albañilería de ladrillos con las vigas del entablado, minimizando la transferencia de humedad de los ladrillos a la madera.

Sobre la albañilería de ladrillos cerámicos se alza la iglesia, totalmente hecha con madera. Todos los elementos estructurales de las paredes y de la cubierta, del piso e del acabado externo de las paredes están hechos de madera peroba.[7] El acabado interno de las paredes y las puertas están hechos de madera pino del paraná.[8] Los marcos de las ventanas están realizados de madera pino de riga.[9] Las tablas de las paredes se instalaron en sentido horizontal, estando fijadas a los montantes estructurales de madera por medio de clavos y clavijas y unidas entre sí por medio del sistema de encaje macho-hembra (machihembrado).

El empleo de dos tablas de madera, una interna y otra externa, configura una pared doble, recurso técnico utilizado por la SPR solamente en los inmuebles destinados a los trabajadores de mayor importancia dentro de la jerarquía ferroviaria y en los edificios institucionales de la Villa, a ejemplo del Club Unión Lira-Serrano y de la propia Iglesia Anglicana, ofreciendo un acabado más refinado y proporcionando un mejor aislamiento térmico y acústico. En el caso de la iglesia, el aislamiento acústico se muestra una necesidad básica, para evitar la propagación de los sonidos de las celebraciones religiosas hacia el exterior del edificio, atendiendo al dispositivo legal de no predicar públicamente y no atraer ciudadanos brasileños a la religión anglicana.

Las paredes comparten los elementos estructurales con la cubierta y los marcos de puertas y ventanas. La estructura del edificio está configurada por pilares principales de sección cuadrada, ubicados en los encuentros de paredes y responsables de estructurar las paredes y la cubierta, y por pilares secundarios de sección rectangular, distribuidos en el vano entre los pilares principales y encargados de fijar las tablas de las paredes y los marcos de puertas y ventanas. Las vigas superiores e inferiores conectan los montantes, pero son las vigas superiores las encargadas de distribuir la carga proveniente de la cubierta uniformemente a los pilares principales (figura 5).

Los marcos de ventanas tienen venecianas externas y hojas internas del tipo guillotina. Se trata de un modelo idéntico al existente en la casa del ingeniero jefe (la residencia más grande de Paranapiacaba) y en algunas residencias de Villa Vieja, pero que se di-

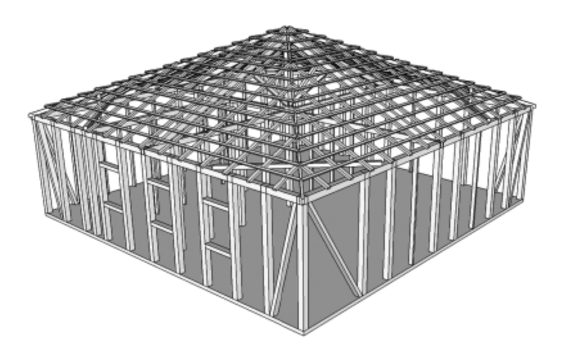


Figura 5
Isometría del sistema estructural de la iglesia (Dibujo de los autores)

ferencia de las ventanas utilizadas en las residencias de Villa Martin Smith, que presentan hoja externa bipartida, con parte superior formada por veneciana y parte inferior formada por hoja ciega. Ninguna de las ventanas de la nave se abre al porche. La puerta principal, que comunica directamente el porche con la nave, es un modelo exclusivo y presenta postigo con hojas dobles: una hoja con vidrio seguida por una hoja ciega, recurso que garantiza la privacidad del culto, impidiendo la visualización de la nave desde el porche de la iglesia, otro recurso más empleado en atención a la legislación imperial en lo que concierne a no atraer ciudadanos brasileños a la religión no oficial del Imperio Brasileño. Los marcos de ventana no poseen batientes y hacen uso de los pilares secundarios para la fijación de todos sus componentes.

La cobertura del edificio es otro punto más de sofisticación. Se trata de una cobertura de cuatro aguas denominada cobertura o tejado de pabellón, formada por superficies triangulares convergiendo en forma de pirámide (Segurado 190?). Este tipo de cobertura se vincula directamente al formato de polígono regular de la planta del edificio, correspondiendo cada agua a una pared externa. Por tener la planta todos los lados con las mismas dimensiones, todas las aguas de la cubierta son iguales y presentan la misma inclinación. La estructura de esta cubierta está formada por un sistema similar a la estructura de un paraguas: de la parte superior del pendolón, ubicado al centro de la cubierta, parten ocho tornapuntas, sobre las que se apoyan las correas, que reciben la carga de cabríos y listones (figuras 6 y 7). Debajo del pendolón se encuentran dos tirantes que se apoyan en las vigas existentes sobre las paredes. En la fachada principal, la cobertura se extiende para formar el porche.

La iglesia es la única construcción de la Villa con este tipo de cobertura, cuya geometría resultante genera un techo de cumbre muy elevada, que se destaca en relación a las residencias y galpones que lo rodean. Es posible que se trate de un recurso para marcar la presencia del edificio en el paisaje: una vez que no era posible dotarlo de torre o fachada que identificara el uso religioso, se optó por hacer un edificio con planta en forma de un cuadrado, lo que generaría una cobertura de cumbre más elevada. Estando la iglesia frente a la pasarela, la volumetría de la



Figura 6
Vista parcial del sistema estructural de la cobertura (Fotografía de los autores)

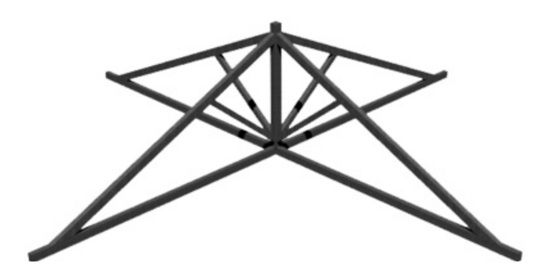


Figura 7
Isometría del sistema estructural de la cobertura (Dibujo de los autores 2017)

cubierta llama la atención de quien atraviesa el patio de maniobras (figura 8).

Internamente, se encuentran preservados el supedáneo[10] y la cancela[11] de madera, preservando en la nave el espacio del altar (figura 9). La cancela, sin embargo, se encuentra sin las piezas centrales articuladas. La pintura de las paredes fue removida en todo el interior del edificio. Ninguno de los ambientes presenta forro, acabado encontrado incluso en las viviendas más simples de Paranapiacaba y que ciertamente también existía en la iglesia, pero fue retirado en algún periodo por razones desconocidas.



Figura 8
La iglesia vista desde la pasarela (Fotografía de los autores)



Figura 9
Vista de la nave de la iglesia. Observar el altar, el supedáneo y la cancela al fondo (Fotografía de Victor Hugo Mori)

Externamente, se realizó una prospección pictórica con el objetivo de caracterizar las capas de colores empleadas, en sus períodos históricos, a fin de comprender los cambios, adiciones y sustituciones en el edificio. La prospección indicó la presencia de sólo 3 capas de pintura a lo largo de toda la historia del edificio, encontrándose dos tonos de color ocre y un tono de color blanco, que es el color actual. Estas prospecciones se desarrollaron por iniciativa del Ayuntamiento de Santo André, como parte del proyecto de restauración de los edificios de la Villa. El procedimiento técnico consistió en decapar las sucesivas capas de tintas existentes. Las aperturas de prospección fueron ejecutadas en dimensiones limitadas, por procedimiento mecánico a través de bisturí quirúrgico. Los autores de este estudio no participaron en las actividades de prospección, pero las aberturas realizadas en la pintura fueron conservadas accesibles, lo que permitió su análisis en este artículo.

La cancelación de las funciones religiosas, en 1998, dejó el edificio sin utilidad por algunos años. Actualmente al antiguo templo alberga un restaurante. Se encuentra mal conservado, con innumerables problemas en la estructura de la cobertura y en los arcos de las ventanas y aguarda acciones de restauración dentro del programa gubernamental de recuperación de ciudades históricas brasileñas realizado por IPHAN.

Nota

1. La Villa de Paranapiacaba fue catalogada por la agencia de preservación del Estado de San Pablo (CONDEPHAAT) en 1987, por la agencia de preservación federal (IPHAN) en 2002 y por la agencia de preservación del Ayuntamiento de Santo André (CONDEPHAAPASA) en 2003.
2. De acuerdo con la Catedral Anglicana de San Pablo, la comunidad anglicana en esa ciudad fue registrada oficialmente en 1873. Es posible, por lo tanto, que la iglesia de Paranapiacaba ya realizara cultos algunos años antes.
3. Tratado de Comercio y Navegación entre el príncipe regente, el señor Don Juan, y Jorge III, rey de Gran Bretaña, firmado en Río de Janeiro el 19 de febrero de 1810.

4. El Tratado de Comercio y Navegación entre Portugal y Inglaterra fue revocado por el Duque de Palmella, ministro y secretario de Estado de Asuntos Exteriores de Portugal, por medio de una nota al representante de Gran Bretaña en Lisboa en julio de 1835. Sin embargo, el Tratado ya no cubría el territorio brasileño desde la Independencia de Brasil, en 1822.
5. La SPR implantó, en distintas épocas, dos estaciones de trenes en Paranapiacaba: la primera fue abierta en 1867 y destruida en fecha desconocida; la segunda fue abierta en 1900, clausurada en 1974 junto con el segundo sistema funicular y incendiada en 1981. Una tercera estación, aún existente, pero más pequeña y arquitectónicamente más sencilla que las anteriores, fue construida en 1974 por la RFFSA. Desde esta iglesia es posible ver sólo la torre del reloj de esa tercera estación.
6. La frase «capa aislante de alquitrán y arena» se encuentra apuntado como detalle constructivo del proyecto arquitectónico residencial elaborado por la SPR para la Villa Vieja.
7. Peroba o peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron)* es una especie de árbol encontrado en Brasil, Argentina y Paraguay, de color rosado, utilizado en la construcción civil pesada (vigas, cabríos, pisos y escuadras) y muebles. (Pereira 2013)
8. Pino del paraná (*Araucaria augustifolia)*, también conocido como pino brasileño, es un árbol encontrado en la Mata Atlántica de las regiones Sur y Sudeste de Brasil. Es una madera de color blanco amarillento utilizada en la construcción civil (revestimientos, láminas y partes secundarias de estructuras, cordones, guarniciones, rodapiés y marcos) y mobiliario. (Pereira 2013)
9. En Brasil, pino de riga pasó a ser la denominación de toda la madera de pino importada, aunque su procedencia nada tiene que ver con el Puerto de Letonia.
10. Supedáneo: el último de los escalones que suben a un altar o trono. Estrado sobre el cual queda de pie el sacerdote durante la misa. (Corona y Lemos 1972)
11. Cancela: término que designa las ricas y ornamentadas rejas que cerraban ciertas capillas de las iglesias. (Corona y Lemos 1972)

Lista de referencias

Azevedo, Militão Augusto de. 1865. Álbum V*istas da Estrada de Ferro Santos a Jundiaí*. San Pablo: Photographia Americana.

Bem, Sueli Ferreira de. *Contribuições para estudos das estações ferroviárias paulistas*.Disertación de maestría, Universidad de San Pablo, 1998.

Calvo, Charles. 1862. *Recueilcomplet des Traités, Conventions, Capitulations, Armistices et autres Actes Diplomatiques de tous les États de l'Amérique Latine*. Paris: Librarie de A. Durand.

Catedral Anglicana de San Pablo. *Más información sobre nuestra catedral*. 2016 (Acceso al 05 de Junio de 2016). http://www.catedral-anglicana.org.br/#!em-branco/c1iwh

Corona, Eduardo y Carlos Alberto Cerqueira Lemos. 1972. *Dicionário da arquitetura brasileira*. San Pablo: EDART.

Costa, F. Pereira da. 1930. *Enciclopédia Prática da Construção Civil*. Lisboa: Portugália.

Freitas, Antonio A. de Paula. 1902. *A Engenharia, viação, obras públicas, construções em geral*. Río de Janeiro.

Lima, Gilson Lameira de y Mirandulina Azevedo. 2014. Paranapiacaba e o patrimonio arquitetônico. En *Paranapiacaba: um patrimonio para a humanidade*, 116–133. San Pablo: Marquise.

Matos, Odilon Nogueira de. 1974. *Café e Ferrovias: A evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira*. 2ª Ed. San Pablo: Alfa-Ômega.

Mazzoco, Maria Inês Dias y Cecília Rodrigues dos Santos. 2005. *De Santos a Jundiaí: nos trilhos do café com a São Paulo railway*. San Pablo: Magma.

Mendonça, Antonio Gouvêa. 2005. O protestantismo no Brasil e suas encruzilhadas. *Revista USP*, 67: 48–67. San Pablo: Universidad de San Pablo.

Pereira, Andréia Franco. 2013. *Madeiras brasileiras: guia de combinação e substituição*. San Pablo: Blüncher.

Picanço, Francisco. 1887. *Estradas de ferro: vários estudos*. Río de Janeiro: TypographiaEconomica.

Pinheiro, Thomaz Bordallo. 190?. *Alvenaria e cantaria*. Lisboa: Ailland e Bertrand.

Pinto, Adolpho Augusto. 1908. *História da Viação Pública de São Paulo*. San Pablo: Typographia e papelaria de Vanorden.

Presidencia de la Republica Federativa del Brasil. Secretaría de la Casa Civil. *Constitución Política del Imperio del Brasil*. 1824 (Acceso al 28 de Febrero de 2014). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao24.htm

Santos, Cecília Rodrigues dos; Claudia Lage y Gustavo Rodrigues Secco. 2017. *São Paulo Railway 150 anos: Patrimônio industrial ferroviário ameaçado*. Revista electrónica Vitruvius, ano 17, edición 201.05, Febrero de 2017. http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.201/6435. (Acceso al 21 de Abril de 2017).

Santos, Cecília Rodrigues dos. 1981. *...De onde se vê o mar*. Monografía de curso de especialización, Universidad de San Pablo.

Segurado, João Emílio dos Santos. 190?. *Trabalhos de carpintaria civil*. Lisboa: Ailland e Bertrand.

Silva, Ana Lúcia Arantes da. *A Arquitetura da Companhia Paulista de estradas de Ferro: Tipologia de Remanescentes de seu Tronco Oeste*. Disertación de maestría, Universidad de San Pablo, 2014.

Coderch y las bóvedas de Espolla

Ana Rodríguez García
Rafael Hernando de la Cuerda

En 1963, José Antonio Coderch (1913–1984) recupera la masía de sus antepasados en Espolla, un pueblo de Gerona afrontando, sin muchas referencias, recuperar la estructura original de muros y bóvedas. Miembro del Team 10 y sin duda el arquitecto español de la tercera generación Movimiento Moderno más internacional de su momento, describe este acto como el hecho más importante de su vida. La casa, donde pasará largas temporadas y morirá en 1984, será el catalizador de una búsqueda de identidad personal y arquitectónica, convirtiéndose, entre modernidad y tradición, en la conexión con lo popular, con la tierra y sus raíces.

> Esta casa de nuestros mayores, que pude recuperar hace 14 años, fue restaurada respetando al máximo el edificio. Mientras realizábamos las obras hubo una especie de dialogo con él, y sus gruñidos y quejas nos ayudaron mucho para tratarlo con el debido respeto. Fue una obra muy larga por sus dificultades, por nuestra falta de experiencia en restauraciones y naturalmente por dificultades de financiación. (Capitel y Ortega 1978, 87)

La comunicación tiene un doble objetivo. Se abordan los planteamientos de Coderch en, probablemente, la única ocasión en que trabaja con bóvedas, y también se explora la construcción de los diferentes tipos existentes en la casa: bóvedas tabicadas, incluyendo la nueva bóveda cerámica de cañón realizada para el garaje, y las realizadas sobre encofrado de tierra que él admiraba y puso en valor instalándose con su familia en las antiguas cuadras. Aunque de larga tradición y comunes en las plantas bajas de esta zona y otras mediterráneas en bodegas, dependencias para animales y auxiliares, apenas han sido estudiadas desde la historia de la construcción. También se aporta una primera aproximación al catalogo de bóvedas existentes en la casa.

Quizá la forma más certera de explicar lo que significa Espolla para Coderch es a través de sus propias palabras:

> En seguida que he ganado algo de dinero me he comprado mi casa pairal de Espolla al Alt Empordà. Es como retornar a los orígenes, enlazar con el pasado; con mi abuela, llena de historias fantásticas que me encandilaban, y sus gatos; con mi padre que me decía: "Hay cosas que un Coderch no puede hacer"; con los payeses (comillas en el original) (Porcel 1967, 27).
>
> Yo soy ampurdanés, de Espolla, aunque nacido en Barcelona… El arreglo de mi casa pairal supone algo importante para mí. Es quizá el hecho más importante de mi vida (Pizza y Rovira 2003).
>
> Esta casa la vendió el hereu sin hijos, hermano de mi bisabuelo, poco antes de morir....Y hace ya 17 o 18 años, hacia 1960, cuando yo estaba con la depresión, vino a verme Quim Masramón, mi gran amigo, que era arquitecto de la Diputación de Gerona, y me dijo: "Tengo que ir a Espolla. ¿No es tu pueblo?" Llevaba una fotografía y me sacó de la cama. Me explicó que pasaba por allí, vio la casa y se dijo: "Cómo me gustaría que fuera esta la casa". Entró y vió un escrito en un dintel de la época de mi tatarabuelo Narciso, que hizo reformas en la parte de arriba justo antes de la Revolución Francesa, *"Hoc facit Narcisus Coderch"*. Del año mil setecientos y pico. Y así



Figura 1
Inscripción en latín realizada por el tatarabuelo de José Antonio Coderch, por las obras realizadas en la casa de Espolla, en el que dice «Hoc factum fuit a Narciso Coderch, 1780». En el dintel de granito inferior, la realizada por Coderch: «Mas del Puig. Restaurado en 1964 por Ana María y José Antonio Coderch de Sentmenat». Fotografías de Ana Rodríguez García.

> fui allí con él...La familia dijo que estaba loco. Pero era la casa madre, la que a mí me interesaba más. Así que estuvo fuera de la familia durante 60 años (comillas y cursiva en el original) (Soria 1979).

La búsqueda de los mejores valores del Movimiento Moderno y de la arquitectura popular, definen en gran medida el trabajo de Coderch. Dos temas significativos de sus exploraciones en lo material, dan una visión suficientemente amplia y representativa de la influencia de la arquitectura vernácula como fuente de conocimiento: la reinterpretación de la persiana tradicional de tablillas de madera, y su interés por la arquitectura excavada en sus diversas variantes. Ambos confluyen de forma significativa en su Casa de Espolla.

Centrándonos en la construcción «enraizada» en el terreno, es necesario reseñar una cuestión apenas investigada, como es el especial interés de José Antonio Coderch en las construcciones populares subterráneas. Es un interés compartido con arquitectos de su momento como Bernard Rudofsky, con el que tuvo una gran amistad personal y familiar[1]. Rudofsky, en *Arquitectura sin arquitectos*, dice: «Troglodistismo, no implica necesariamente bajo nivel cultural… Las posibilidades de los trogloditas, en lo que a vivienda se refiere, varían tanto o más que aquellas de tipo convencional» (Rudofsky [1964] 1976, 14). También con los miembros del Team 10, como muestran las imágenes publicadas en *Forum* o incluidas en los paneles explicativos de sus miembros en las reuniones del grupo. De hecho, cuando Coderch presenta en el Congreso de Royamount el estudio sobre una posible solución al problema de las barracas, en el que plantea un sistema aplicable a la construcción de viviendas baratas en terrenos en pendiente, está dando una respuesta a la vivienda de bajo coste, con una propuesta especialmente singular, que en cierta forma sistematiza y reinterpreta en unidades de pequeña escala la arquitectura popular excavada, subterránea y troglodita de muchos lugares de España (Rodríguez García 2012, Rodríguez García 2016).

El *Mas del Puig*

El pueblo de Espolla, en la Sierra de la Albera, pertenece a la Comarca de l´Alt Empordà, concretamente a su sector septentrional. Es un territorio de relieve accidentado, caracterizado por el frecuente y fuerte viento de tramontana, en el que su topografía condiciona en gran medida la edificación, pudiéndose encontrar diversas soluciones para resolver las particularidades de cada emplazamiento[2].

La Casa Coderch se enclava en un lugar preponderante en Espolla. La posición elevada nos muestra su importancia. El *Mas del Puig*[3], es decir la masía de la colina, la que está en alto, actúa en su cota superior como límite urbano, con parte de la propiedad proyectándose hacia el territorio, y a su vez, en la inferior, caracteriza el núcleo de la población junto al arroyo que singulariza la trama urbana. Su emplazamiento y relación con el entorno, coincide con las descripciones del campo en Cataluña, dadas por Esteban de Corbera citado por Sandiumenge y a su vez recogidas por Leopoldo Torres Balbas[4], donde el paisaje se construye a partir de la tradición histórica de una determinada estructuración social y productiva del territorio (figura 2).

El paisaje del campo catalán está estructurado por las relaciones que se establecen entre las masías, como se percibe al contemplarlo. La masía no se implanta en el paisaje aleatoriamente, sino que lo hace de forma muy determinada: Yago Bonet Correa lo explica con precisión, cuando dice «domina visualmente un territorio y al mismo tiempo está "arrraseda", como se dice en catalán, esto es, en una posición protegida y orientada», «su locus ha sido escogido con amoroso cuidado y observación paciente» en una orientación mayoritariamente al sur, en lugares muy



Figura 2
El *Mas del Puig* en Espolla. Dibujo y fotomontaje de Ana Rodríguez García a partir de una imagen de Catalá Roca (Rodríguez García 2016).

concretos que por sus características poseen microclimas de mayor bonanza que otros lugares en el mismo territorio. De esta manera se conforman puntos análogos, en la formación de una red interconectada, que más que integrarse en el paisaje por mimesis, lo construye, reinterpretando la herencia del mundo greco-latino; entendiendo el territorio como algo acotado, estructurado y perceptiblemente transformado por el hombre (Bonet Correa 1981, 7). La casa «pairal» de Coderch comparte todas estas características, las cuales fueron intencionadamente potenciadas en la intervención (figura 3).

Las bóvedas de la Casa Coderch en Espolla

Coderch pone en valor la planta de acceso, originalmente destinada a los animales, como vivienda inde-

Figura 3
Dibujo a lápiz de la planta baja, con tanteos y anotaciones sobre la nueva bóveda que construye para el garaje aprovechando el desnivel existente. Archivo Coderch 659.

pendiente, con las bóvedas como generadoras del espacio, dejando sin terminar el interior de la planta noble en el nivel superior. Ante escándalo de propios y extraños, Coderch, el arquitecto de prestigio, un hombre serio de estirpe aristocrática, y figura de respeto a la que los campesinos de Espolla pedían consejo cuando tenían problemas o decisiones importantes que tomar, se traslada a vivir con su familia a las antiguas cuadras de la masía. Además de las causas dadas por otros autores sobre esta decisión, como la falta de dinero y la posibilidad de hacer en el futuro otra vivienda para los hijos en la planta primera, la investigación desarrollada en la tesis doctoral aporta de forma complementaria un tercer factor a considerar: el distanciamiento intencionado de Coderch con cualquier tipo de ostentación, muy del gusto de una cierta burguesía rural, como muestran las fotografías de Catalá Roca publicadas junto con Joaquim Camps i Arboix en el libro *Les Cases Pairales Catalanes,* de los interiores de las salas de numerosas masías. A preferir, frente a las bóvedas tabicadas apuntadas y terminadas con molduras, los telúricos espacios encastrados en la roca y cubiertos con bóvedas arcaicas de potente textura y herencia romana, donde los muebles de obra, se enraízan e integran de forma natural con el terreno, como ya había hecho en la casa de vacaciones Coderch-Milá en Cadaqués. Interpretación del existente en la arquitectura popular rural, este mobiliario, económico y mínimo no parecía posible en las salas de la planta primera, sin el contacto con la tierra. A pesar de su pobreza, la fuerza de la vida popular, su identificación con la tierra y los animales, su conocimiento transmitido de forma oral de padres a hijos y de generación en generación, los objetos y útiles del trabajo en el campo, lo esencial de sus construcciones, materiales y texturas, y en definitiva la armonía con la naturaleza, es lo que cautivó a Coderch entre otros, en un acercamiento voluntario a lo *popular* esencialmente pobre (Rodríguez García 2016).

La casa, en pendiente hacia el sur y con características propias de la zona, está parcialmente excavada en la roca, de forma que para acondicionar como espacio habitable la planta baja, tendrá que «tallar» el terreno en un proceso seguramente ya iniciado en los orígenes de la construcción, pero no con la altura suficiente para vivir. Construida con gruesos muros de mampostería de piedra, queda espacialmente determinada por bóvedas de fechas diferentes: bóvedas primitivas de mampostería de piedra de herencia ro-

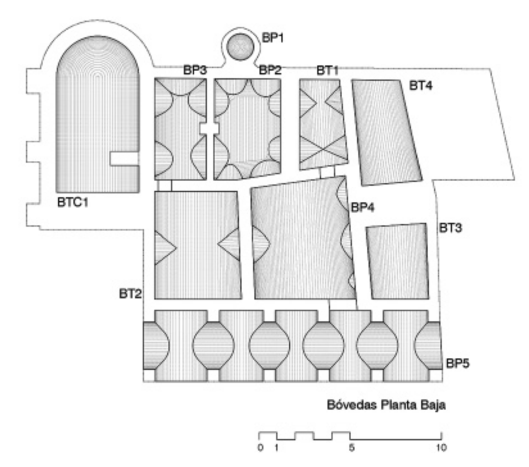


Figura 4
Bóvedas en planta baja de la Casa Coderch en Espolla. BP Bóvedas de mampostería de piedra a sardinel BP1, BP2, BP3, BP4 y BP5; BT Bóvedas tabicadas BT1, BT2, BT3 y BT4. Bóvedas tabicadas construidas por José Antonio Coderch BTC1. Autores Ana Rodríguez García y Rafael Hernando de la Cuerda.

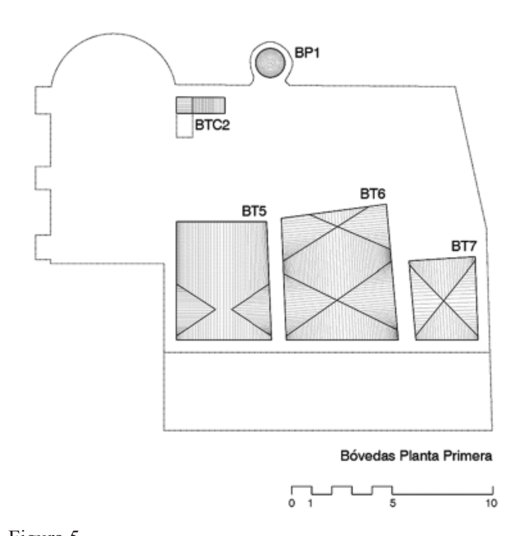


Figura 5
Bóvedas en planta primera de la Casa Coderch en Espolla. BP Bóvedas de mampostería de piedra a sardinel BP1; BT Bóvedas tabicadas BT5, BT6 y BT7; Bóvedas tabicadas construidas por José Antonio Coderch BTC2. Autores Ana Rodríguez García y Rafael Hernando de la Cuerda.

mana construidas según la técnica vernácula de utilización de caña y tabla de madera para la *forma*, y el resto bóvedas tabicadas, manteniendo en todos los casos sus diferentes texturas a la vista (figuras 4 y 5).

Las bóvedas tabicadas

Además de las dos bóvedas construidas de nueva planta por Coderch, la casa tenía antes de la intervención, doce espacios abovedados, siete de ellos con bóveda tabicada: cuatro en la planta baja y tres en la primera. Seguramente de construcción posterior, son canónicas en su factura y geometría. Así, cuatro de ellas son de cañón con lunetos –la BT5, BT6 en planta primera más la BT1 y BT2 en planta baja–, la BT3 y BT4, también en planta baja son de cañón corrido, y la BT7 es una bóveda de arista, donde Coderch se instaló un dormitorio-estudio particular en el que aislarse del alboroto de la familia en vacaciones, y única habitación en uso en la planta primera.

Si bien dicha planta quedó finalmente sin terminar interiormente, a excepción de la mencionada habitación de la bóveda tabicada BT7–, la concepción y tratamiento de la casa es integral en su configuración exterior y entorno. La investigación realizada ha posibilitado el hallazgo de documentación fotográfica no incluida hasta ese momento en el Archivo, realizada por el propio Coderch durante el proceso[5]. Su estudio pormenorizado permite descubrir que las obras realizadas fueron de más envergadura de lo que inicial y aparentemente pudiera parecer (Rodríguez García 2016) (figura 6).



Figura 6
Bóveda tabicada BT5 en planta primera. Fotografía Ana Rodríguez García

Uno de los trabajos más importantes acometidos, consistió en el acondicionamiento del acceso desde el exterior a la planta primera, realizando un espacio libre de entrada, bajo el que construye el garaje aprovechando el desnivel. Es un espacio de bastante altura dividido en dos plantas y cubierto con una bóveda de nueva construcción en la parte inferior, la BTC1, con una luz de 4,40 metros, formada por un cañón que termina en una bóveda semiesférica apoyada sobre un muro curvo –también cilíndrico– contra el terreno. Un pequeño detalle en un plano de la planta baja dibujado a lápiz sobre croquis, nos muestra de forma esquemática la sección tipo de la bóveda. Construida tabicada de dos hojas, no se plantea estrictamente tradicional, al estar levemente armada en la parte superior y los riñones rellenos con Durisol[6]. También construirá con bóveda tabicada, la BTC2, una pequeña escalera interior de dos tramos, que comunica la planta primera con el bajocubierta.

Las bóvedas de herencia romana

Cuatro espacios de la planta baja están cubiertos por este tipo de bóvedas definidas por Alonso de Medina i Alberich como amorteradas de canto de piedra a sardinel. Los cuatro más especiales y singulares, que caracterizan la casa.

La bóveda de la habitación del pozo, la BP2, sin duda la más antigua y origen de la masía. Irregular, primitiva y sorprendentemente casi plana, salva una luz de 5,60 metros. Tiene una fuerte textura, que aunque desigual, permite apreciar un cañón muy rebajado con ocho lunetos. Asociadas a ella, se encuentran la BP3 en el espacio contiguo longitudinalmente, y la BP1, una pequeña bóveda esférica que cubre el pozo cilíndrico adosado a la fachada posterior de la casa, elemento ya nombrado como frecuente en la zona. La singular solución dada por Coderch de utilizar este pozo para aportar luz y ventilación natural a la estancia de la crujía interior y a la de la planta superior, genera uno de los espacios más particulares e intensos (figura 7).

La bóveda de la sala principal de la planta baja, BP4, es un gran cañón con una imponente dimensión de 5,50 metros de luz por 6,40 metros de longitud y cuatro lunetos, realizada también en los orígenes del edificio aunque de forma más perfecta y regular que la BP2. Genera un espacio de gran intensidad por



Figura 7
Bóveda de mampostería de piedra BP2 en planta baja; al fondo el pozo de la fachada posterior a través del que ventila e ilumina la habitación con la solución dada por Coderch. Fotografía Ana Rodríguez García.



Figura 8
Bóveda de mampostería de piedra BP4 en planta baja, construida con molde de cañizo sobre encofrado de tierra. Fotografía Ana Rodríguez García.

quedar a la vista la fuerte textura del molde con que fue hecha, apreciándose claramente las marcas de la caña en el arranque, hasta aproximadamente un tercio de la altura, a partir de donde se produce un cambio a un encofrado de tabla. Procedimiento de construcción de la zona, mantiene intacta en toda su superficie la impronta del molde y a diferencia de la BP2 no permite ver la mampostería de piedra. En los muros perpendiculares a la directriz de la bóveda, Coderch abrió dos huecos que prolongan en su espesor la superficie del cañón: hacia el interior y a partir de una estrecha hendidura existente, un hueco de paso rasgado de suelo a techo para comunicar con la pequeña estancia de la bóveda tabicada BT1; y hacia la galería exterior, un singularísimo hueco asimétrico de ventana, por el que ilumina la estancia. Objeto de varias de las fotografías del reportaje que Catalá Roca hizo en los años sesenta por encargo de Coderch, es posiblemente el espacio más famoso y que más caracteriza la casa (figuras 8 y 9).

El espacio longitudinal abovedado de la galería exterior, BP5, coincide con la descripción de Leopoldo Torres Balbás sobre estas construcciones, que normalmente constituyen la crujía más moderna de las masías, y que como en la Casa Coderch en Espolla, se orientan principalmente al sur o sureste, abriéndose a la orientación soleada y cerrándose hacia la umbría, que se dedica a cuadras y almacenes. Es frecuente un poyo a modo de basamento, desde el que salen los machones de mampostería o sillería de los que arrancan los arcos. Torres Balbás precisa: «La



Figura 9
Bóveda de mampostería de piedra BP4 en planta baja, construida con molde de cañizo sobre encofrado de tierra. La marca de la caña se aprecia con claridad hasta la un tercio de la bóveda, cambiando después a tabla de madera. Fotografía Ana Rodríguez García.

planta baja de estas casas cúbrese casi siempre con bóvedas; en la parte correspondiente a la galería suelen ser por arista; las de las restantes crujías, de cañón seguido, o con lunetos que dan luz a puertas y ventanas» (Torres Balbás 1931–1933, 502). En el caso que nos ocupa, la galería que en su origen era de paso público, consta de 5 vanos con bóvedas de cañón perpendiculares a la fachada, atravesados longitudinalmente por otro cañón de menor diámetro que genera seis arcos avanzados en bóveda. Coderch deja la mampostería de piedra a la vista, a diferencia de las bóvedas interiores, todas pintadas en blanco con independencia del tipo (figura 10).

Si bien solo hay cuatro bóvedas construidas con mampostería de piedra, su tamaño, singularidad y riqueza espacial, son las que confieren la imagen global de la casa. Una mirada atenta nos hizo pensar desde el principio que alguna estaba construida sin encofrado, sobre el terreno antes de retirarlo. Una vez dada la forma de la curvatura principal, embocaduras, lunetos, y encuentros, se terminaban de moldear con caña y tabla seguramente gracias a que se adapta bien sin mucho esfuerzo. Una vez realizada, terminarían de retirar las tierras. Es un tipo de construcción que Coderch conocía. Según información dada por Ana Coderch, su padre explicaba con admiración como se construían esas bóvedas sobre la tierra. Sin embargo no se han encontrado textos que expliquen esta técnica en Cataluña y Levante más allá de enunciarla. Se proponen tres referencias para su estudio.

María Assumpció Alonso de Medina i Alberich y Benet Cervera i Flotats, en la *Guia de L´Arquitectura Popular de les Comarques Gironines*, explican como en la zona, los terrenos cultivados han de desempedrarse previamente, por la gran abundancia de piedra granítica y pizarrosa, siendo las fábricas más frecuentes de mampostería de piedra, y también fácil la obtención de ladillo cerámico. Aunque hay abundancia de arbolado, no se trabaja bien la madera, por lo que predominan las formas abovedadas de cubrición. Las plantas bajas se cubren sistemáticamente con bóvedas de cañón o arista construidas con piedra amorterada a la romana en las edificaciones más antiguas, y rebajadas tabicadas en las más tardías. En la costa norte del Alto Ampurdán, donde la cantidad de arboles es menor aunque en la Edad Media estuviera densamente arbolada, la reducida dimensión de la mampostería con la que se construyen los muros, obliga frecuentemente a la incorporación en estos de arcos de descarga embebidos y grandes contrafuertes en talud. Además, su espesor permitía en el interior abundancia de hornacinas para utensilios. Dice específicamente sobre las bóvedas:

> Son características las bodegas en las plantas bajas, cubiertas con bóveda, construidas con piedra a sardinel a la romana, sobre encofrado de tierra y cañizo (Alonso de Medina i Alberich y Cervera i Flotats 1977, 7).

Está claro que esta forma de construir solo es ventajosa si el espacio a cubrir no es muy alto, en estancias en contacto con el terreno, y si no hay unas exigencias en cuanto al acabado. Condiciones que se cumplen en el caso de Espolla, donde no hay que olvidar que la planta baja no era habitable en principio. En este sentido, quizá la referencia más importante, la da Choisy en *El Arte de construir en Roma*. La construcción romana se caracterizó por no tener reglas rígidas al construir. Si bien partían de métodos muy sistematizados, las necesidades y recursos variaban enormemente según los diferentes lugares del imperio, por lo que las técnicas y materiales se adaptaban según las circunstancias. En la construcción de bóvedas ocurría lo mismo. Un caso particular consistía en prescindir por completo de cimbras, hormigonando la bóveda sobre un molde formado por el propio terreno. Sobre este tipo de construcción, Choisy dice:

> Otra posibilidad apreciada por los romanos, cuando la bóveda era pequeña y estaba situada a poca altura del suelo, era prescindir de cimbras y armaduras, y verter el hormigón sobre un núcleo de tierra que servía de molde.

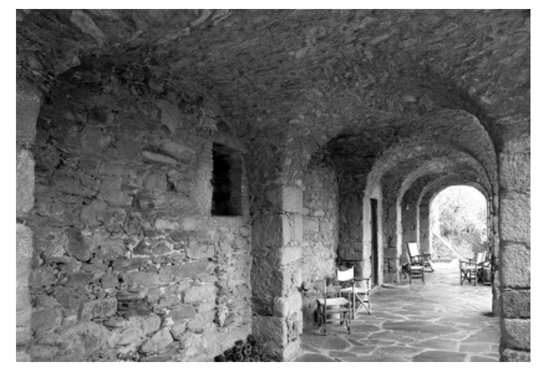


Figura 10
Bóveda de mampostería de piedra BP5 en la galería de planta baja. Fotografía Ana Rodríguez García.

Ejemplos de esto son la bóveda descubierta en un cementerio romano de Vienne y las bóvedas que aligeran el basamento de uno de los templos principales del Palatino, donde las tierras que sirvieron de molde no se retiraron y permanecen en el lugar en el que los constructores las amontonaron.

Así pues, los procedimientos para economizar cimbras provisionales podían variar, pero la idea central que les daba origen permanecía inmutable (Choisy [1873] 1999, 80).

Por último, y aunque de tradición lejana, en China todavía se construyen bóvedas de esta forma. Por el vasto territorio en el que se realizan, la cuestión no es menor. Caroline Bodolec, recoge en su libro *L'architecture en voûte chinoise –un patrimoine méconnu,* su experiencia en la meseta de Loess, en el norte de las provincias de Gansu y de Shaanxi en el Noroeste de China. Es un altiplano situado en una altitud entre 800 y 1.300 metros, de superficie algo mayor que la península ibérica. La característica que le da nombre es la composición de su suelo conocida como «tierra de loess» o también «tierra amarilla». Es un material geológico sedimentario, depositado en estratos por el viento desde el desierto del Gobi. Esta área geográfica, con clima muy extremo de fríos inviernos y calurosos veranos alberga la mayor concentración de viviendas trogloditas del mundo, muy eficaces térmicamente.

Bernard Rudofsky, también reseña en *Arquitectura sin arquitectos* la arquitectura troglodita del inmenso territorio que abarca el área de Loess, sobre la que escribe: «Una de soluciones radicales en cuanto al abrigo concretadas por el hombre, está representada por las ciudades y las aldeas subterráneas, en la faja de loess en China. El loess es un sedimento transportado y depositado por el viento. A raíz de su gran suavidad y elevada porosidad (45%) puede ser fácilmente modelado… En las provincias de Honnan, Shansi, Shensi y Kansu, alrededor de diez millones de personas habitan en viviendas excavadas en loess» (Rudofsky [1964] 1976, 15).

La investigación realizada por Bodolec, tiene el interés añadido de ser una técnica que aunque con las variantes locales, se mantiene todavía en la actualidad de forma seguramente muy similar a las del pasado en el Mediterráneo. Las viviendas *yaodong* –cuevas horno– se construyen desde antiguo. En una misma agrupación rural se encuentran simultáneamente casas excavadas, casas parcialmente excavadas, y casas construidas sin excavación o aéreas. Documenta la construcción en 1998 de las bóvedas de cañón de unas *yaodong* realizadas en el Condado de Yanchuan en la provincia de Shanxi, diferenciando dos formas de construirlas. En la primera técnica, las zanjas para los cimientos de los muros sensiblemente paralelos sobre los que apoyan las bóvedas y el muro final perpendicular en la parte posterior, se excavan dejando entre ellas el terreno existente, como encofrado de la superficie curva interior de la bóveda, retirándose una vez construida. En la segunda técnica, si el terreno no alcanza la cota necesaria de la altura total de la bóveda, o solo se excavan parte de las tierras entre zanjas de muros, se construye una cimbra o estructura auxiliar de madera tosca, con vigas situadas en las líneas de imposta de la bóveda. Entre medias, se colocan pilas de piedras planas a intervalos regulares para sostener un encofrado muy rudimentario a lo largo de toda la longitud de la bóveda, el cual se puede conformar con materiales diversos como tablas, tableros, piedras, sacos y tierra (figuras 11 y 12).

Finalmente, en ambos casos, la forma se iguala con tierra humedecida y la superficie de acabado del interior de la bóveda es revisada y doblada con una capa de barro de ejecución más cuidada, sobre la que se coloca la piedra que conforma el intradós de la bóveda. A su vez, una mezcla muy líquida de cal y tierra se vierte en la parte superior de la piedra colocada para consolidar la cohesión de la mampos-



Figura 11
Construcción en mayo de 1998 de bóveda sobre encofrado de tierra (técnica 1) en viviendas *yaodong,* en Yanchuan, provincia de Shaanxi en la Meseta de Loess, China (Bodolec 2005)



Figura 12
Construcción en mayo de 1998 de bóveda sobre encofrado parcial de tierra con cimbra auxiliar (técnica 2) en viviendas *yaodong,* en Yanchuan, provincia de Shaanxi en la Meseta de Loess, China (Bodolec 2005)



Figura 13
Construcción en mayo de 1998 de bóveda con técnicas 1 y 2. En ambos casos, sobre una capa de barro de ejecución cuidada, se coloca la piedra que conforma el intradós de la bóveda y se vierte una mezcla muy líquida de cal y tierra. Viviendas *yaodong,* en Yanchuan, provincia de Shaanxi en la Meseta de Loess, China (Bodolec 2005)

tería de piedra. Se termina rellenando de tierra hasta la cota horizontal deseada –unos dos metros desde la imposta– que asegurará el aislamiento térmico y acústico digno de las construidas totalmente subterráneas. Las cuatro estancias del estudio son construidas en paralelo y cuando la primera bóveda esta descimbrada, la ultima esta apenas comenzada. Una vez desencofradas las cuatro, quedaron abiertas durante un año entero hasta la construcción del muro de fachada y el posterior. De estos, solo el primero se realiza de forma más elaborada con tierra apisonada, piedra tallada, o piedra en *opus spicatum*. Otros datos interesantes son, cómo para aumentar la resistencia a la humedad, se utiliza la paja mezclada con mortero, así como recubrimientos de adobe encalado, y cómo la falta de madera en la región de Yanchuan hace que cada una de las vigas utilizadas este numerada y sea devuelta a su propietario después de los trabajos (Bodolec 2005, 106–114) (figura 13).

Reflexiones finales

El trabajo desarrollado aborda dos cuestiones esenciales aunque de muy diferente carácter.

Respecto al tipo de bóvedas amorteradas de canto a sardinel, construidas total o parcialmente sobre encofrado de tierra, con o sin la huella del molde de caña y tabla, si bien se encuentran numerosos ejemplos, dentro y fuera de Cataluña, así como menciones a ellas en investigaciones de varios autores, es un claro ejemplo de técnicas vernáculas preindustriales, transmitidas de generación en generación de forma oral y a través del oficio.

Las referencias dadas, se eligen más allá de ejemplos concretos, por ser formas de hacer lo suficientemente representativas de abordar la construcción de este tipo de bóvedas. Así el trabajo de Alonso de Medina i Alberich y Cervera i Flotats abarca el área geográfica de las *Comarques Gironines* que a su vez comprende varias comarcas en torno a Gerona, entre ellas el Alto Ampurdan donde se enclava Espolla; Choisy es una referencia de la máxima autoridad en cuanto a construcción romana; y Caroline Bodolec aporta la experiencia de una construcción del pasado que se sigue realizando en la actualidad. Es decir tradición local, historia, y lejana contemporaneidad. Una mirada transversal sobre tiempo y lugar, permite a veces encontrar interesantes afinidades a partir de condicionantes específicos.

Entre 1780 y 1964 casi 200 años separan las obras realizadas por Coderch y su tatarabuelo. Es estimulante indagar la labor de Coderch al abordar la intervención en Espolla, donde sigue un largo proceso en el que duda, reflexiona y tantea. Técnica y vida se entrelazan, sin poder separar del todo una de otra. Coderch pone en valor cada uno de los espacios abovedados, matizando sus particularidades, haciendo estudiados acuerdos en encuentros o huecos de paso, como si siempre hubieran existido, en delicadas ac-

ciones puntuales complejas aunque silenciosas. También construye en el lugar idóneo una nueva bóveda tabicada, inusual en su trayectoria profesional. Su intervención va mucho más allá de una mera rehabilitación, es una transformación que reinterpreta la casa preexistente para la vida contemporánea y la mejora notablemente, añadiendo otro estrato a la longeva historia de la casa familiar (figuras 14 y 15).

La casa de Espolla supuso algo esencialmente vital para José Antonio Coderch. Significa la conexión con el pasado, con sus ancestros familiares, con la tradición del campo catalán, con sus raíces más profundas, y en este significado las bóvedas de la casa tienen un papel fundamental. En realidad, la casa había dejado estar en la familia varios años y el último Coderch que había vivido en el pueblo fue su abuelo en otra cercana. Por como cuenta el hallazgo de su amigo Quim Masramón, no parece que tuviera un contacto cercano con Espolla. Por tanto, no es algo que le venga dado, sino un acto voluntario para enraizarse en esa tradición. Un universo que busca y construye a partir de la recuperación de la casa, que se convierte en el medio en el que abordar formas de hacer arquitectónicas inexploradas por él hasta ese momento y también una búsqueda de reafirmación personal; en la referencia que le dará fuerza, estabilidad y serenidad. Encuentra en la cultura de la tierra, el ancla que necesita frente a sus contradicciones y desengaños en los complejos años cincuenta y sesenta en España.

La Casa de Espolla, su territorio y su paisaje le conectan con lo más ancestral, sencillo y verdadero. Con el Pirineo y el Mediterráneo. Con la carlina y el fuego del hogar. Con la tramontana y la *farigola*[7] –que crece por expreso deseo– sobre sus restos en el cementerio de Espolla.

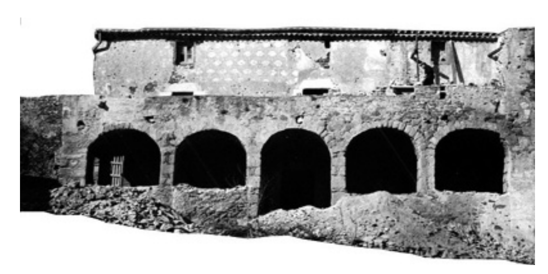


Figura 14
Estado anterior de la Casa Coderch en Espolla. Fotomontaje de Ana Rodríguez García a partir de fotografía de trabajo realizada por José Antonio Coderch del Archivo Coderch.



Figura 15
La casa después de la intervención realizada. Fotomontaje de Ana Rodríguez García a partir de fotografía de Catalá Roca por encargo de José Antonio Coderch del Archivo Coderch.

Notas

1. Rudofsky se construyó una casa en Frigiliana, Málaga, cuyo proyecto firmó por cuestiones administrativas Coderch.
2. Las más frecuentes son las escaleras exteriores de comunicación entre la planta baja y primera, junto con las galerías abovedadas en el frente principal, mayoritariamente orientado al sur, construidas normalmente con posterioridad a la casa primitiva, como un volumen que sobresale formando una terraza en la planta primera. Otro elemento característico de la zona que se repite con cierta frecuencia, es la ubicación de los pozos de agua en las fachadas del edificio. (Alonso de Medina i Alberich y Cervera i Flotats 1977). Todos elementos que se dan en la Casa Coderch.
3. En lengua catalana, «mas» es una casa de labranza, una unidad de explotación agrícola tradicional integrada por la casa, los establos, los cultivos, los almacenes, y demás posesiones. A su vez, «puig» es un monte o una elevación del terreno, y «pairal» es una masía o casa adscrita a una finca rústica, sede de un linaje organizado como unidad de explotación rural que tiende a ser económicamente autosuficiente, con un patrimonio acumulado a lo largo de generaciones y conservado gracias a la institución del «hereu», el primogénito heredero.
4. *Cataluña ilustrada*, libro I, cap. XII, p.59 de Esteban de Corbera, citado por M. P. Sandiumenge en 1929 en *La Masía catalana*, breve estudio de la casa rural catalana, y a su vez reseñada por Leopoldo Torres Balbás en *La Vivienda Popular en España*, dibuja una imagen certera del campo catalán (Torres Balbás 1931–1933, 498).

5. La documentación en el Archivo no es muy extensa, seguramente debido a ser la casa propia y a haberse realizado muy sobre el terreno. También su consideración de obra menor en relación a otras, pudo originar una selección de documentación poco exhaustiva para su incorporación al Archivo en la ETSA del Vallés. La tesis doctoral de la autora posibilitó el hallazgo de un paquete de 40 imágenes hechas por el propio Coderch, ahora incorporadas al Archivo Coderch.
6. Material aligerante de gran éxito en aquel momento. En anotación sobre un recorte de papel consta «1m³ de granulado Durisol con 150 kg de cemento portland + agua» dosificación seguramente referida a la bóveda.
7. Tomillo en catalán. Flor preferida de Coderch «La farigola, que para mí es algo así como parte de una tradición viva familiar» (Capitel y Ortega 1978, 16–17).

Lista de Referencias

Arxiu Coderch. Universidad Politécnica de Cataluña y Familia Coderch.

Alonso de Medina i Alberich, Mª Assumpció y Benet Cervera i Flotats. 1977. *Guía de l´Architectura Popular de les Comarques Gironines*. Barcelona: Publicacions del Col- d´Arquitectes de Catalunya.

Armesto, Antonio y Rafael Diez. 2008. *José Antonio Coderch*. Barcelona: Santa & Cole.

Bodolec, Caroline. 2005. *L'architecture en voûte chinoise –un patrimoine méconnu–*. Paris: Maisonneuve & Larose.

Bonet Correa, Yago. 1981. Cuando se contempla el campo catalán. *La Masía. Historia y Tipología de la casa rural catalana*. *2C Construcción de la Ciudad*, 17–18: 7.

Capitel, Antón y Javier Ortega. 1978. *J. A. Coderch: 1945–1976*. Madrid: Xarait.

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Coderch, José Antonio. 1952. «Memoria estudio sobre una posible solución del problema de las barracas». *Nueva Forma,* 106: 64–65.

Fochs, Carles. 1989. *J.A. Coderch de Sentmenat 1913–1984*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.

Pizza, Antonio y Josep María Rovira. 2003. *J.M. Coderch 1940–1964. En busca del hogar*. Editado por Antonio Pizza y Joseph M. Rovira. Barcelona: Col legi d´Arquitectes de Catalunya.

Porcel, Baltasar. 1967. «José Antonio Coderch o la moral creadora». *Destino,* 1563. Barcelona.

Rodríguez García, Ana. 2012. «Modern interpretations of the vernacular tradition in the work of J.A. Coderch, 1940–1964». En *Nuts & Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*. Vol. 1: 211–219. Paris: Picard.

Rodríguez García, Ana. 2016. «Huellas de lo vernáculo en Team 10. Alison y Peter Smithson, Aldo Van Eyck, Jose Antonio Coderch». Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, UPM.

Rudofsky, Bernard. [1964] 1976. *Arquitectura sin arquitectos. Breve introducción a la arquitectura sin genealogía*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Soria, Enric. 1979. *J.A. Coderch de Sentmenat. Conversaciones*. Barcelona: Editorial Blume.

Torres Balbás, Leopoldo. 1931–1933. «La vivienda popular en España». En Carreras i Candi, Francesc (dir.) *Folklore y Costumbres de España*. Barcelona: Alberto Martín.

Análisis de la tipología y los sistemas constructivos en la arquitectura tradicional a base de tierra cruda en Colima, México

Minerva Rodríguez Licea

La arquitectura tradicional ha sido históricamente parte de la identidad mexicana; la habilidad y destreza de los constructores para la erección de espacios, evidentemente se encuentra plasmada en la diversidad de inmuebles que se han edificado a través de los siglos. El aprovechamiento y optimización de los materiales constructivos de origen natural propició la generación de sitios funcionales, habitables y confortables que han albergado personas y actividades por varias generaciones. En el estado de Colima en México, se establecieron un sinnúmero de construcciones a base de tierra cruda, utilizándose técnicas como el adobe y el bajareque, con cubiertas de teja y palma; ese tipo de edificios destacó por varios siglos, debido a que eran idóneos para el tipo de clima y condiciones físicas de la región; la capacidad térmica de la tierra cruda fue de gran importancia para los moradores de esos lugares.

En el territorio que actualmente comprende la entidad, se asentaron diversas poblaciones; sin embargo, es evidente el sincretismo de diversas culturas, ya que se implementaron los sistemas habituales de los indígenas, en algunos casos se dio la implantación de las técnicas transmitidas por los europeos; pero también, existieron aproximaciones a las características de origen asiático, fundamentalmente de Filipinas. El intercambio cultural y de costumbres originó la introducción de edificaciones propias del lugar que con el paso del tiempo han quedado vulnerables a la modernidad y depreciación de la arquitectura histórica como parte simbólica y de identificación. En Colima, las tipologías de la arquitectura tradicional poseen características propias, de acuerdo a su ubicación y periodo histórico, ya que en los centros urbanos primordialmente se implementó el uso de adobe, con cubiertas de teja, mientras que en las zonas costeras, de montaña y rurales se usó ampliamente el bajareque, con techumbres de palma.

La tierra ha estado presente en el desarrollo de los distintos pueblos del mundo, a la par del crecimiento de la humanidad se han creado y mejorado diversos sistemas constructivos, haciéndolos más resistentes y confortables, optimizando los recursos inmediatos que se poseen, generando soluciones que se adecuen a la necesidad primaria de otorgar resguardo para vivienda, guareciéndose de las inclemencias del tiempo, con estructuras cada vez más fuertes y menos proclives a desaparecer ante los embates naturales además de proteger a los moradores de ataques de depredadores o enemigos; es así que la arquitectura de tierra fue demostrando sus capacidades, acompañada de cualidades que la han convertido en el material idóneo.

El estado de Colima es un territorio que tiene desde costa hasta montañas con importantes zonas de valles, donde en la mayoría de los sitios predomina el clima cálido, la vegetación exuberante y la presencia de cuerpos de aguas; pero es también en esta delimitación territorial donde la tierra existente es óptima para la construcción, razón por la que ha sido empleada desde la antigüedad, teniendo algunas adaptaciones y que hasta la actualidad se continua

empleando aunque en menor medida para dar paso a materiales industrializados que son altamente contaminantes y que no ofrecen los beneficios térmicos que la tierra.

La naturaleza brinda una serie de elementos que el hombre en su proceso evolutivo ha aprendido a utilizar con distintos fines, siendo para la edificación primitiva la piedra, tierra, árboles y vegetales las fuentes primarias del desarrollo constructivo; paulatinamente descubrió las cualidades de cada elemento, moldeándolo a su conveniencia, conjuntándolos e integrando saberes con los de otros pueblos, logrando cada vez mejores espacios, más confortables y seguros que brindan un alojamiento cómodo. En el caso de la tierra se descubrieron las propiedades de la materia según su composición, obteniéndose mejores resultados para ciertos sistemas constructivos, beneficiándose al ser mezclado con materia orgánica, lo que brinda mayor resistencia y solidez para la erección de los espacios habitables.

Arquitectura tradicional de tierra cruda en Colima

La tierra cruda ha sido empleada en todo género de edificaciones, sin embargo es más notorio encontrarla en la arquitectura tradicional, debido a la gran cantidad de muestras existentes que representan la historia en sus muros quedando como testigo del acontecer de una región, lamentablemente es también esta categoría la más vulnerable al carecer de medidas de protección y que su pervivencia queda supeditada a la complacencia del propietario. La arquitectura tradicional ha conformado la imagen urbana de las poblaciones dotándolas de identidad, en ella se aprecia la habilidad de sus constructores; así como el trabajo generacional ocurrido en los poblados, donde las viviendas más antiguas fueron la escuela de las más recientes mediante la transmisión de experiencia y destreza de sus creadores. Conjuntando el legado transmitido en un espacio contenido, es decir, el poblado, crisol de sabidurías, técnicas, costumbres, tradiciones y enseñanzas que se transmiten generacionalmente, actividades que acontecen bajo de resguardo de muros de tierra cruda, testigos mudos del acontecer diario.

En Colima destaca en particular el empleo de dos sistemas constructivos que emplean la tierra cruda: adobe y bajareque; ambos conjuntándose con el uso de madera para completar la estructura que da soporte y cierra los espacios con techumbres comúnmente inclinadas, recubiertas en ocasiones con tejas de barro mientras que en otras con palma, aunque en la actualidad muchas techumbres se han transformado por láminas principalmente de lámina. Por otra parte los cimientos son de piedra para dar rigidez además de aislar de la humedad a los muros de tierra. La entidad se puede dividir en dos tipos de viviendas: la rural y la urbana; la primera se desarrolla en entornos más campiranos y en consecuencia su diseño corresponde al modo de habitar más abierto, relacionado con el campo, el huerto, el corral, incluso existen casos donde la cocina se localiza al exterior, sin necesidad de tener un espacio propiamente confinado; este tipo de vivienda si bien se relaciona con los vecinos, no tiene una conexión tan directa por lo que no existe una forzosa alineación o dimensionamiento; mientras que las edificaciones desarrolladas en las urbes se ajustan a la traza de la ciudad, respetando paramento, creando una tipología acorde al contexto, dejando las áreas verdes si las existen como áreas más privadas, rara vez antecediendo a la construcción.

La modernidad en las ciudades ha roto la homogeneidad que las ciudades presentaron, apareciendo cada vez más constantemente edificaciones erigidos con materiales industrializados, diseños irrespetuosos con el contexto, creando rupturas en la tipologías, alturas, proporciones, afectando drásticamente la imagen urbana con elementos ajenos carentes de identidad que además propician daños a las edificaciones aledañas durante la construcción o cuando suceden movimientos telúricos debido a que el comportamiento estructural es diferente. En la actualidad en la entidad el patrimonio edificado con tierra es cada día más escaso, principalmente en los centros urbanos, donde la modernidad ha pasado sobre las construcciones antiguas desapareciéndolas, valiéndose del estado ruinoso y de abandono que muchas de ellas presentan originado por los daños de sismos así como por la carencia de medidas políticas y sociales que enfaticen la protección de los inmuebles aunado al desuso lo que ha conducido a crear sectores deteriorados de la ciudad que afectan la plusvalía, propician la inseguridad y la inmundicia. Por su parte la aparición de nuevas edificaciones rompen con la tipología arquitectónica tradicional y sus sistemas constructivos, introduciendo materiales industrializados, carentes de identidad y ajenos al contexto (figura 1).



Figura 1
Vivienda tradicional en la ciudad de Colima. Foto de autor.

La arquitectura tradicional se caracteriza por aprovechar los materiales existentes en la región por lo que es recurrente el empleo de elementos vegetales, térreos y pétreos que al conjuntarse forman estructuras diversas, con peculiaridades y particularidades propias. La conjunción de materiales brinda cualidades diversas y de gran eficacia tales como la mezcla de residuos vegetales o animales con los térreos lo que brinda una mayor cohesión a la composición reforzando los muros de tierra, dándole mayor aglutinación. En la arquitectura tradicional de Colima predomina el uso del adobe y el bajareque. La técnica constructiva de adobes consistente en la realización de piezas en forma de paralelepípedo creados a partir de la mezcla de tierra, dispuesta en moldes para crear bloques que se dejan secar exponiéndolos al sol, en dicha mezcla si a la tierra se le añaden residuos orgánicos sean de origen animal o vegetal mejoran la resistencia y cualidad de la pieza. La técnica del bajareque consiste en la creación de un entramado de materiales vegetales como carrizos u otates que es recubierto con tierra, trabajando como una estructura compuesta; la adaptación al medio permite que en ocasiones la estructura se deje sin el recubrimiento de tierra permitiendo ventilación.

En las zona urbanas las edificaciones suelen desplantarse sobre cimientos de piedra mamposteada sobre los que se desplantan los muros de adobe que son techados con cubiertas a dos aguas, soportadas por armaduras de madera sobre las que se asientan las tejas de barro, aunque a partir del siglo XIX la presencia de cubiertas planas se hizo más común imperando la solución de viguerías; los espacios en las ciudades suelen resolverse en torno a un patio lo que da frescura al interior generando sombras pero también ventilaciones cruzadas. La condicionante del patio brinda una peculiaridad a la vivienda tradicional: la presencia de andadores cubiertos con soluciones de pórticos o arcadas, cabe mencionar que en la región de Colima los arcos polilobulados son una constantes; este espacio se convierte en el sitio de reunión de convivencia teniendo gran relevancia en la vida cotidiana colimense (figura 2).

En las zonas rurales la tipología predominante evoca el sistema constructivo de palapas conjuntándola con el bajareque con o sin recubrimiento de tierra cruda, es de resaltar que en este sistema en ocasiones se carece de cimentación de mampostería, la estructura es soportada por postes u horcones que sostienen el conjunto los cuales están enterrados en el suelo pero los muros se desplantan sobre el mismo. Los materiales empleados son madera, paja, otate, carrizo, elementos de fácil obtención en el contexto inmediato, lo que redunda en construcciones económicas. La cubierta es inclinada a dos aguas prevaleciendo el empleo de hojas de palma aunque en la actualidad se han ido sustituyendo por láminas de cartón, metálicas, asbesto o plásticas. La ventilación se resuelve dejando en algunos puntos únicamente el entramado sin recubrimiento lo que permite la circulación de aire. Tanto en las zonas rurales como en las urbanas la presencia de vanos se presen-



Figura 2
Los patios son constantes en las viviendas de la zona urbana. Foto de autor.

ta en proporciones verticales; de igual manera la arquitectura de tierra tanto en las dos zonas suele estar aplanada o recubierta con un enjarre al que se le aplica color, lo que da cromática a las edificaciones pero también protege las estructuras de las inclemencias del tiempo (figuras 3 y 4).

La historia de Colima data desde la antigüedad, teniendo una importante presencia en el mundo mesoamericano, siguiendo en la etapa virreinal, posteriormente existió un importante auge económico durante el México Independiente, decayendo durante la posrevolución, posteriormente existió un repunte en la primera mitad del siglo XX; cada una de estas etapas históricas dejaron testimonio edificado del acontecer humano, existiendo sistemas constructivos que se mantuvieron con ligeras transformaciones, tal es el caso de la arquitectura de tierra empleada en la vivienda tradicional. Es de resaltar que el desarrollo constructivo se nutrió de diversos factores, entre los cuales es trascendental el intercambio cultural entre los pueblos, siendo así que técnicas europeas se integraron a las existentes en Colima durante el virreinato, pero también se anexaron técnicas filipinas las cuales se desarrollaron primordialmente en las zonas costeras, creando un sincretismo que derivó en aspectos culturales que detonaron en el desarrollo de una identidad propia.

La ciudad de Colima creció paulatinamente en un valle surcado por ríos, donde el clima cálido y la vegetación exuberante dictaron las condicionantes para el desarrollo de la población, resultando la arquitectura de tierra una solución adecuada para las condicionantes existentes (figura 5).

A mediados del siglo XIX, la ciudad de Colima contaba con cerca de sesenta manzanas, alineadas en la tradicional retícula, cuyo trazo sólo se alteró para sortear los cauces de los ríos Colima y Manrique que cruzaban de lado a lado la población. (…) La mayoría de las viviendas estaban construidas de muros de adobe enjarrado, estructuras de madera y cubierta de teja; con grandes patios interiores, sombreados por árboles frutales y plantas de ornato (…) Frente a la plaza municipal se ubicaban los edificios representativos de la autoridad: la cárcel del estado, la casa municipal y la parroquia. (Huerta, Los edificios en la provincia de Colima. 2000)



Figura 3
Las construcciones de bajareque permiten la ventilación. Foto Antonio Flores.



Figura 4
La vivienda tradicional ha sufrido modificaciones principalmente en las cubiertas aunque se preserva el enjarre que protege a los muros. Foto Antonio Flores.



Figura 5
El centro histórico de Colima ha sufrido transformaciones, permitiendo la aparición de edificaciones contemporáneas. Foto de autor.

Desde finales del siglo XIX el auge económico propició el crecimiento poblacional y urbano de Colima, situación que se agravó en el siglo XX, los centros de población y las zonas rurales cambiaron abruptamente, se ampliaron las poblaciones hacia la periferia, surgiendo estructuras novedosas, implementando técnicas y materiales constructivos industrializados, creando una ruptura a la tradición constructiva de la entidad y desaprovechando las bondades de su uso, dando paso a la progresiva desaparición de volumetrías, tipologías, colores y texturas alterando con ello la composición e incluso repercutiendo en el modo de habitar; también es notoria la integración de elementos o materiales diferentes a los tradicionales lo que propicia un comportamiento diferente, afectando en ocasiones las estructuras, su resistencia y comportamiento (figura 6).

Las transformaciones de la arquitectura tradicional en el estado se han dado en menor medida en las zonas rurales, perviviendo gran parte aunque muchas en alto estado de deterioro, aunque es común encontrar modificaciones, adecuaciones o intervenciones que alteran la concepción original así como el trabajo adecuado de los materiales y la estructura. A pesar de ello existe la creencia generalizada de que la arquitectura de tierra es sinónimo de pobreza y rezago por lo que las construcciones van quedando en desuso, deteriorándose e incluso colapsando. La depreciación de la arquitectura tradicional edificada con tierra en el estado de Colima es tan seria que en la zona centro de la ciudad, gran cantidad de inmuebles permanecen en el abandono y son ofertados a la venta como predios sin construcción, minimizando el valor per se del edificio mismo, que si bien requiere trabajos de restauración y reestructuración pueden ser recuperados y con ello proteger y conservar la imagen urbana y la identidad local (figura 7).

La ubicación y características geográficas de la entidad la convierten en un sitio propenso a calamidades; la fuerte y constante presencia de actividad sísmica aunada a la volcánica han generado devastaciones de gran magnitud, provocando pérdida parcial o total de la arquitectura tradicional de tierra; esta situación ha dejado vulnerable a las viviendas debido a que la ignorancia y el desconocimiento de técnicas adecuadas para intervenir, restaurar y reestructurar han perjudicado en mayor medida las construcciones que las mismas catástrofes. Aunado a lo anterior el desinterés de las autoridades ha fomentado la apatía en la población por la preservación de dichas estructuras que son parte de la identidad característica de Colima; incluso las mismas autoridades estimularon la demolición de los edificios dañados tras los sismos en lugar de preservarlos, argumentando que la arquitectura de tierra era carente de estabilidad o fueron intervenidos con marcos rígidos de concreto que son incompatibles estructuralmente con la arquitectura de tierra deteriorando en mayor medida las construcciones, reflejando el total desconocimiento de la materia por los gobernantes.

Durante el siglo XX inició el crecimiento inmoderado de las poblaciones en zonas rurales incentivando la desaparición de la arquitectura tradicional



Figura 6
Vivienda tradicional de la ciudad de Colima con deterioro y en abandono. Foto de autor.



Figura 7
La pérdida del patrimonio en Colima ha generado vacíos en la imagen urbana que alteran la imagen urbana. Foto de autor.

de tierra, para dar paso a elementos y materiales contemporáneos que integran nuevas formas y acabados que rompen con la tipología y características de la región además de arrasar con el legado histórico cultural de la entidad. De igual manera las políticas urbanas y de vivienda implementadas han fomentado la aparición de grandes conjuntos habitacionales carentes de relación con el contexto, diseñados y construidos sin entendimiento de las condiciones climáticas y culturales de la zona. En la actualidad la imagen que representan gran cantidad de los edificios erigidos empleando tierra en los centros históricos de Colima es de abandono, donde lo ruinoso se vuelve constante dejando sólo en el recuerdo la época de esplendor de sus calles y casas. Algunas de las construcciones que perviven lo hacen con modificaciones severas que alteran la estructura original y que ponen en riesgo la estabilidad de la misma mientras que resulta la minoría las que se conservan de manera óptima (figura 8).

El centro de la ciudad de Colima presenta gran cantidad de construcciones de tierra en abandono, en estado ruinoso así como muchos predios libres de los cuales fueron demolidas las construcciones tradicionales tras alguna de las catástrofes generando vacíos urbanos y fracturas en la imagen urbana; por su parte el centro de Villa de Álvarez presenta una mayor concentración habitacional respecto al de Colima, sin embargo la presencia de arquitectura tradicional es más escasa aunado al ímpetu inmobiliario que busca detonar las actividades comerciales; por otra parte el centro de Comala conserva una imagen más homogénea preservando la arquitectura tradicional pero alterando la cromática que es parte esencial de la misma; el centro de Manzanillo ha desaparecido prácticamente la totalidad del patrimonio edificado con arquitectura de tierra, estos dos últimos casos representan la presencia del turismo en centros urbanos y sus repercusiones.



Figura 8
La vivienda tradicional es alterada integrándole sistemas constructivos contemporáneos que alteran el comportamiento estructural. Foto del autor.

Consideraciones finales

El acontecer en los centros históricos de los distintos poblados de Colima siguen el mismo patrón, desestimando la arquitectura tradicional edificada con tierra dejando en el abandono y en estado ruinoso las propiedades existentes y priorizando nuevas construcciones con materiales industrializados que no responden a una tipología local ni tampoco resuelven de manera natural y optima las condicionantes climáticas. Los escasos edificios que se conservan en buen estado deben servir de ejemplo para la preservación de los restantes dado que son reflejo de la identidad cultural de los pueblos. Lamentablemente la desaparición de la arquitectura histórica en el estado no sólo se concentra en las edificaciones de tierra sino que abarca las demás tipologías, periodicidades y estilos; el caso de la vivienda tradicional es el más representativo por ser el más abundante y el más vulnerable.

Los sistemas constructivos tradicionales tienen gran relevancia tanto porque son testimonio del desarrollo de los pueblos, sus usos y costumbres como también por el cumulo de conocimientos heredados y transmitidos generacionalmente en los que se ha dejado en manifiesto las propiedades de los materiales y la adaptación al medio para la supervivencia de manera natural, sin necesidad de alterar en gran manera el contexto inmediato, dicha enseñanza es crucial y en la actualidad se ha perdido resolviendo las propuestas constructivas sin miramientos del entorno, edificando en un espíritu globalizador carente de identidad cultural que soslaya los valores de los pueblos, implementando tecnologías que consumen recursos energéticos que podrían omitirse si se aprovechara, entendiera y recuperara los sistemas tradicionales, adaptándolos a la vida moderna.

Tanto la vivienda rural como la urbana se desarrollaron como respuesta a las condicionantes de uso de

cada época, el lugar y las actividades que los moradores desempeñaban, siendo así que los espacios se adaptaron de manera adecuada, optimizando los recursos existentes en la zona generando espacios confortables y funcionales que propiciaron la convivencia familiar, pero también el descanso, la privacidad y el resguardo, situaciones que condujeron a un paulatino e inconsciente apego de la sociedad al terruño derivando en identidad local, la cual con la llegada de la modernidad e ideologías diferentes minimizaron el valor del patrimonio, que al conjuntarse con los daños y deterioros sufridos lo condenaron al abandono y su latente desaparición sino se actúa con celeridad.

Lista de Referencias

Huerta, Sanmiguel Roberto. 2000. «Los edificios en la provincia de Colima.» Tesis de doctorado. México: UNAM

Huerta, Sanmiguel Roberto. 2001. «Por el camino real de Colima». En *Artes de México*, número 57: 10–19.

Mestre, M. M. 2011. «La llegada de la modernidad». En *Bitácora* número 23: 24–31.

Novelo, V. 2005. *La tradición artesanal de Colima.* Colima: CONACULTA, Gobierno del Estado de Colima, Universidad de Colima.

Rodríguez, L. M. 2014. «El uso de tapia en las haciendas de Tlaxcala: Un sistema constructivo alterno para la arquitectura del presente y futuro». Tesis de doctorado, México, Ciudad de México: UNAM.

El puente del Cismone en 1820 sobre un arco del puente de Zamora

F. Javier Rodríguez Méndez

El puente de Zamora ha sufrido transformaciones constantes a lo largo de su historia. Transformaciones necesarias para paliar los efectos tanto de los asedios como de las crecidas que periódicamente lo asolaron. El artículo que en 2011 presentamos al VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción (Rodríguez 2011) se centraba en el estudio de la reforma acometida a comienzos del siglo XX para, junto con la necesaria reparación, adaptarlo a las exigencias del tráfico rodado, previo despojamiento del carácter defensivo que hasta entonces ostentaba. Esta segunda comunicación sobre el puente de Zamora se refiere a uno de los muchos proyectos que durante el siglo XIX tuvieron por objeto su reparación, concretamente al que en 1820 se destinó a la reconstrucción de uno de los arcos del puente. Su autor, un discreto arquitecto «de provincias» asentado en la vecina ciudad de Salamanca, se permitió la osadía de plantear a la superioridad la construcción de un paso provisional basado en uno de los puentes de madera más famosos de la historia de la construcción: el puente del Cismone, de Andrea Palladio. Propuesto en un momento en que el palladianismo apenas había prendido en nuestro país, no le resta valor el hecho de que la obra de la cual formaba parte no llegara a ejecutarse: por tratarse de una estructura temporal, no hubiera sobrevivido en ningún caso al final de obra.

Fortuna de Palladio en España

La publicación de *Los Cuatro Libros de Arquitectura* de Palladio tuvo una repercusión casi inmediata en nuestro país, ocho años después de la primera edición italiana, gracias a la traducción integral que de ellos hizo Juan de Ribero Rada en 1578. Pero ni esta traducción ni la parcial de Francisco de Praves –de 1616–1625– llegaron a la imprenta, por lo que tuvieron poca repercusión. A instancias de la Academia de Bellas Artes de San Fernando, José Ortiz y Sanz publicó en 1797 una nueva traducción del Tratado, limitada a los libros Primero y Segundo (Gutiérrez y Viñuales 2008, 55–61). A pesar del impulso de la Academia, admite Navascués (1980, XXII) desconocer otras referencias a la obra del vicentino, más allá de las composiciones escolares de los discípulos del arquitecto barcelonés José Casademunt Torrents. Investigaciones posteriores han sacado a la luz otras influencias tales como las casas solariegas construidas en Menorca a finales del XVIII, en pleno dominio inglés, de indudable inspiración palladiana (Sambricio 1981).

En cuanto a los puentes de madera palladianos, es sabido que en Inglaterra fueron muy apreciados, hasta el punto de, en los jardines y parques de la nobleza, abundar las reproducciones de los mismos para su empleo como pasarelas o meros elementos ornamentales (Tampone y Funis 2003, 1917). En España no se conserva ningún puente de madera inspirado en los de Palladio, pero no parece infundado suponer su empleo durante el XVIII, al menos el modelo cubierto,[1] a la vista de los ejemplares de este tipo aún en uso en la región colombiana de Antioquía (Gutiérrez y Viñuales 2008, 61).

Dado que los puentes de madera los desarrolla Palladio en el capítulo IX del Libro Tercero, el arqui-

tecto de la réplica zamorana no pudo conocerlos a través de la traducción de Ortiz y Sanz (1797), la cual como es sabido abarcaba únicamente los Libros Primero y Segundo. Sin duda Blas de Vegas supo de ellos a través de alguna de las ediciones italianas y, muy posiblemente mediante el *Traité de l'art de bâtir*, en cuyo Tomo IV se describen y reproducen los cuatro puentes o *invenciones* de Palladio (Rondelet 1810, 4–1: 308–312).

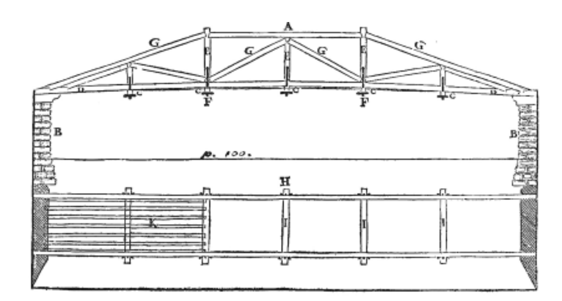


Figura 1
Puente sobre el Torrente Cismone (Palladio [1570] 1988, 284–285)

El puente del torrente Cismone

El que sí se basó con toda seguridad en Rondelet es el ingeniero de caminos y arquitecto Lucio del Valle, quien con su «Memoria sobre la situación, disposición y construcción de los puentes»,[2] publicada en 1844, fue el primero en dar a conocer, en letra impresa y en español, los puentes de madera de Palladio (Valle [1844] 1994, 27–29). A él se debe la siguiente descripción del puente del Cismone (figura 1), en la que se ha respetado la ortografía original del texto:

> Al pie de los Alpes y no lejos de Bassano estableció [Palladio] sobre el torrente Cismone un puente de madera de un solo tramo de ciento veinte y siete pies de longitud[3] evitando asi la destrucción de los pilares intermedios por la gran velocidad con que corren por alli las aguas arrastrando consigo arboles y piedras de consideración. Formaban el puente cinco maderos ó cabezales dispuestos según la anchura del puente y sobre las que descansaba el entramado del piso, que si bien no era enteramente horizontal en el sentido de su longitud, presentaba una sagita tan pequeña que apenas se notaba, haciendo la obra por lo mismo muy buen efecto por su ligereza y atrevimiento.
>
> Todo el entramado estaba suspendido de las dos armaduras que servían de pasamanos y que con las riostras y tornapuntas correspondientes formaban un sistema solido y difícilmente flexible aun con pesos de consideración pues de la disposición bien entendida de las diferentes piezas y sus ensamblages resultaban triángulos cuya forma era imposible que se alterase. (Valle [1844] 1994, 28)

Cuando Giacomo Angarano, noble vicentino y señor del lugar, se hizo con el derecho de paso sobre el torrente Cismone, el primitivo puente se encontraba en muy mal estado. La práctica del transporte fluvial de troncos provocaba graves desperfectos en los pilares, especialmente en época de deshielo, por el ímpetu de las aguas. Por ese motivo promovió el conde Angarano la construcción de un nuevo puente capaz de resistir los embates. Palladio proyectó en torno a 1550 uno de un solo vano de cerca de 36 metros –luz excepcional en aquel tiempo– «sin poner palos en el agua». El puente fue concluido dos años más tarde y permaneció en pie durante apenas medio siglo, hasta su total destrucción.

En su correcta descripción, redactada con finalidad divulgativa, el ingeniero Valle evita detenerse en la compleja relación entre las piezas componentes del puente, y especialmente en el decisivo papel de los *arpesi* o arpones, como elementos metálicos de unión. En lo que sigue me baso en textos de Francesca Funis[4] y Gennaro Tampone, probablemente los investigadores que más han profundizado en la construcción del puente del Cismone. Ambos son, además de colaboradores en el campo de las estructuras lígneas, autora y director, respectivamente, de la Tesis doctoral titulada «Aspetti costruttivi dei ponti di Palladio. Il ponte sul Cismon e le altre tre invenzioni senza porre altrimenti pali nel fiume», defendida en 1999 en la Universidad degli Studi de Florencia.

La estructura del puente se divide claramente en dos partes: una es la estructura portante, consistente en dos cerchas en celosía que hacen las veces de antepechos o pretiles del puente, y otra es la estructura colgada de la anterior, que no es otra que el tablero del puente. Mientras que las piezas de la primera –tornapuntas y péndolas– trabajan únicamente a tracción o compresión, las vigas del tablero –longitudinales y transversales– lo hacen a flexión. La unión entre las dos estructuras, portante y portada, se consigue haciendo coincidir las vigas transversales del tablero [C en la figura 1] con las péndolas de la cercha [E],

que se unirán mediante los *arpesi* o arpones [F], conectores metálicos diseñados por Palladio y que suponen un avance fundamental en el ensamblaje de las estructuras de madera (Tampone y Funis 2003, 1915). La luz total de 36 metros está dividida en 6 tramos de 6 metros, que es la distancia a cubrir por las viguetas [K] que apoyan en las vigas transversales. Las cerchas tienen una altura de 4,15 metros y están separadas entre sí 4 m, que es la anchura del tablero. En cuanto a las dimensiones de la viga transversal dice Palladio que «Dichos brazos y otros maderos que hacen el entramado del puente no son de anchos más de un pie ni de gruesos más de tres cuartos» (Palladio [1570] 1988, 284), es decir, 36 por 27 cm.

Cada una de las dos celosías tiene forma trapezoidal y está dividida en seis partes de igual longitud por medio de los pilares verticales o péndolas, que descansan sobre el cordón inferior y que se anclan al mismo por medio de los arpones. Entre el cordón inferior y el superior se disponen 6 barras inclinadas que conectan alternadamente la base de las péndolas al cordón superior; de tal modo que las dos barras centrales confluyen en lo alto de la péndola central y que las dos extremas se yuxtaponen al cordón superior. Se considera también invención palladiana la disposición arqueada del cordón inferior o intradós de la celosía,[5] «una característica original y avanzada para generar auto-tensiones favorables en el comportamiento de la estructura» (Tampone y Funis 2003, 1913).

En tanto que las restantes uniones se resuelven mediante los clásicos ensambles de las estructuras de madera, los nudos entre vigas longitudinales, transversales y péndolas incorporan uniones metálicas – los *arpesi* o arpones– consistentes, según la descripción de Palladio, en barras metálicas de sección variable que, tras atravesar las cabezas de las vigas transversales, se fijan a la péndola mediante clavos. Numerosos autores han tratado de interpretar esta invención palladiana partiendo de su descripción y de la única representación gráfica original de la que se dispone: la que proporciona el alzado del puente (figura 1). En la interpretación de la figura 2, por ejemplo, sus autores muestran la forma en que el arpón podía estar inferiormente cerrado por un pasador cilíndrico, cuneiforme o paralelepipédico.

La figura 3 muestra, en sección y en perspectiva, la interpretación que hace Tampone del arpón de Palladio. Dos son las principales diferencias entre esta

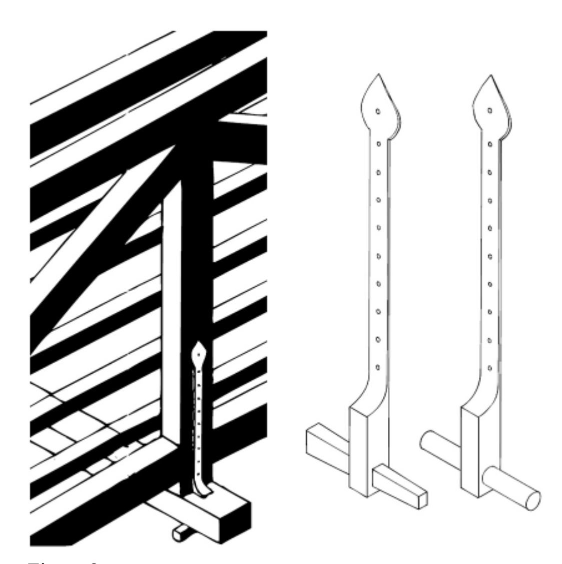


Figura 2
Detalle de la unión entre la viga transversal, la péndola y el cordón inferior mediante el arpón. Reconstrucción de Francesca Funis y Pietro Copani (Funis 2000, 9)

reconstrucción y la de Funis y Copani. La parte del *arpese* que permanece embutida es en este caso de sección cilíndrica, pues así será forzosamente el orificio que un berbiquí o taladro perfora en la madera. La otra diferencia consiste en la colocación como cierre del arpón de dos pequeñas barras de hierro [*stanghette* en el texto original] en forma de cuña y cada una doblada en su extremo más estrecho. La sutil relación entre los diferentes elementos que convergen en el nudo se aprecia con mayor claridad en la sección de Tampone: la primera de las viguetas tiene el cometido de fijar la posición del cordón inferior de la cercha y evitar, así, su deslizamiento hacia el interior del puente (Tampone y Funis 2003, 1915).

Aquí finaliza la información que aporta Palladio sobre la construcción del puente del Cismone. Su estructura, así considerada, presenta una carencia importante como es la ausencia de cualquier tipo de arriostramiento. Dado que ello es fundamental para conseguir una estructura en cajón que resista empujes horizontales, supone Funis (2000, 10) que los arriostramientos no fueron ignorados u omitidos, sino que se añadieron posteriormente, tal vez incluso una cubierta para protección de viandantes y del propio puente. La evocadora perspectiva de la figura 4

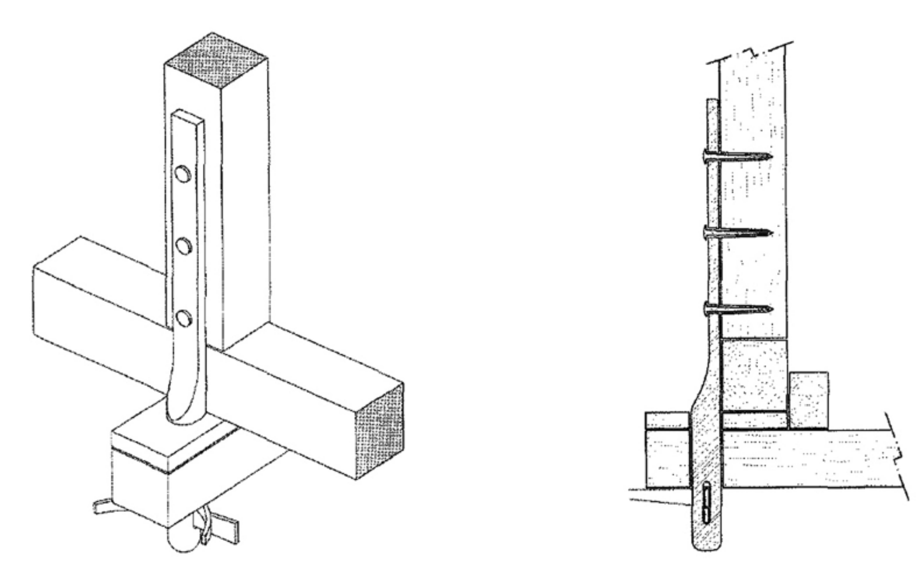


Figura 3
El arpón de Palladio interpretado por Gennaro Tampone; perspectiva y sección dibujadas por Pietro Copani (Tampone y Funis 2003, 1915)



Figura 4
Perspectiva aérea del puente del Cismone, dibujada por R. Segoni (Funis 2000)

muestra los arriostramientos dispuestos como vigas de atado entre las cabezas de las péndolas centrales de uno y otro lado del puente.

Para terminar, es necesario referirse al proceso de construcción del puente, del que tampoco hace Palladio mención alguna. No obstante, algo se puede deducir del planteamiento de la obra tal como en el Tratado se expone: «Esta anchura se dividió en seis partes iguales. Donde está el término de cada parte (exceptuando las de las orillas, las cuales se fortificaron con dos pilastras de piedra) se pusieron los maderos que forman el lecho y la anchura del puente» (Palladio [1570] 1988, 283). El texto anterior induce a pensar que la estructura fue montada sobre cimbra, pues cuesta mucho más dar por buena la otra hipótesis, a saber, que la estructura fue construida en el suelo y luego trasladada a su posición por medio de cuerdas y caballetes (Funis 2000, 10).

Gennaro Tampone (2001, 127), que ha estudiado con gran detenimiento esta cuestión, propone un proceso de construcción que parte de la misma hipótesis aceptada por Funis (figura 5): 1) colocación de los apoyos provisionales; 2) colocación de las vigas transversales sobre los apoyos; 3) colocación de las vigas longitudinales ; 4) yuxtaposición de las cabezas de las vigas longitudinales; 5) inserción de los arpo-

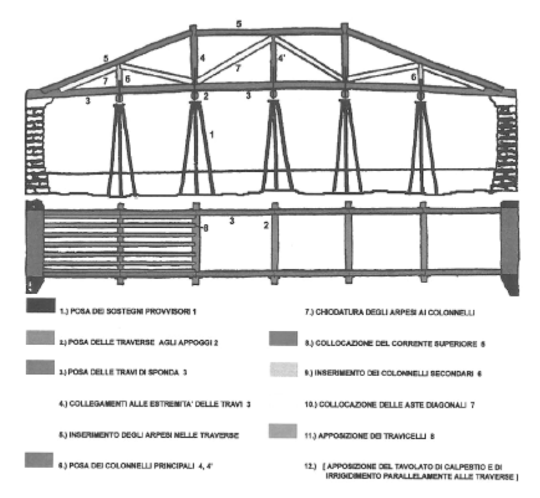


Figura 5
Interpretación del proceso de construcción del Puente de Palladio sobre el Cismone. Tampone, con la colaboración de D. Sbarra y A. Rocco (Tampone 2001, 127)

nes en las vigas; 6) colocación de las péndolas principales; 7) fijación de los arpones a las péndolas; 8) colocación del cordón superior; 9) introducción de las péndolas secundarias; 10) inserción de las barras diagonales; 11) colocación de las viguetas; 12) disposición de los arriostramientos paralelos a las vigas transversales.[6]

Valgan, por último, para legitimar el diseño del puente sobre el Cismone, las dos comprobaciones citadas por Tampone (2005, 12), una empírica y otra analítica. La primera se hizo sobre un modelo del puente, que fue sometido con éxito a ensayos de carga estática; la segunda se debe al profesor Heyman, quien verificó las dimensiones de los elementos de la estructura por medio del cálculo.

El proyecto de Blas de Vegas para la reconstrucción del sexto arco

En noviembre de 1812, durante la guerra de la Independencia, cuando las tropas francesas estaban a punto de retomar Zamora, un ingeniero inglés voló el sexto arco contando a partir de la ciudad. Pocos días después de la voladura, el primer reconocimiento de los daños ponía ya de manifiesto la delicada situación en que se hallaba la brecha por resentimiento del aliviadero del lado de la ciudad, «el cual, si no se trata de apoyar y juntamente acabar de carpintear las vigas del paso, está expuesto a provocar alguna desgracia». Lo que se hizo fue meramente un paso muy precario apuntalando sobre los restos arruinados de la bóveda, paso que, aunque provisional, permaneció en uso durante largo tiempo. En 1819 se encontraba en Zamora Blas de Vegas García,[7] arquitecto municipal de Salamanca, para realizar, por encargo del gobernador, un reconocimiento de los edificios ruinosos de la capital (Casquero 2012, 182), entre los cuales se encontraban con toda probabilidad el puente y su arco arruinado. Como resultado de las gestiones del ayuntamiento, ordenó el Consejo de Castilla la remisión de un proyecto redactado por técnico competente, encargo que recayó en Blas de Vegas, quien redactó un informe (Vegas 1820) de gran interés no solo por la minuciosa descripción que hace del estado del puente, escrita y gráfica, sino también por la solución que propuso para reconstruir el arco, paso provisional incluido. El proyecto no se llevó a cabo porque, entre otras razones, cuando en 1828 la Academia de San Fernando aprobó el informe, Blas de Vegas ya había fallecido.

Vegas es el artífice del magnífico plano[8] de dimensiones 557,27 por 835,905 mm (2 × 3 pies castellanos), dibujado a varias escalas y en tintas de colores, e incluyendo planta y alzado del puente en su estado previo (E: 1/330), plantas y alzados del arco 6 en dos fases de la obra (E: 1/156) y un detalle del enlace metálico proyectado (E: 1/37). El informe constituye, junto con el plano, una fuente inestimable de información acerca del estado inicial del puente, y en especial de la situación del arco arruinado y su paso provisional (figura 6). Indica Vegas que además de la notoria ruina total del arco principal, los dos pequeños situados sobre los tajamares –los aliviaderos– estaban apeados por encontrarse su fábrica «conmovida» y su dovelaje derruido. El pasadizo provisional, en pie desde la voladura, apoyaba sobre los escombros de las ruinas mediante jabalcones y pies derechos, y estaba expuesto de suyo a la ruina total «si aquellos son conmovidos por alguna fuerte avenida» (Vegas 1820).

Habida cuenta de que «según los naturales» las aceñas y los bancos de arena hacían imposible el uso de barcas para transporte de carruajes, lo primero que se planteó el arquitecto es habilitar sobre el arco derruido un paso provisional que fuera compatible con

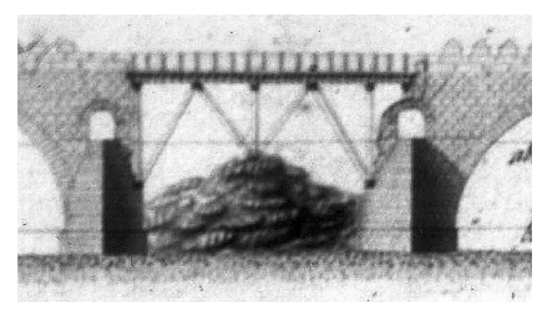


Figura 6
Paso provisional existente. Fragmento del plano dibujado por Blas de Vegas en 1820 (AHN. Consejos, MPD. 3032)

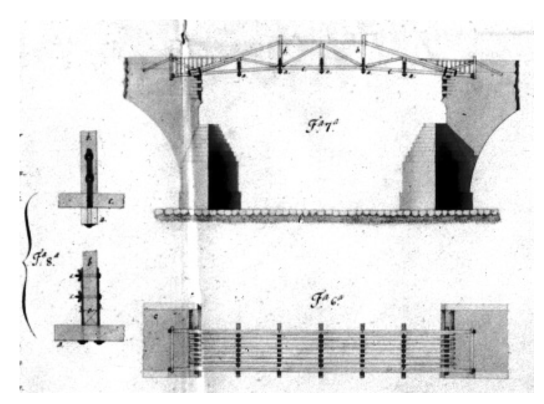


Figura 7
Paso provisional proyectado y detalle del enlace metálico. Fragmento del plano dibujado por Blas de Vegas en 1820 (AHN. Consejos, MPD. 3032)

la obra de reconstrucción. Sorprende esta decisión, sobre todo si se tiene en cuenta que en proyectos sucesivos se arbitró como paso provisional una barca que enlazaba los barrios de San Frontis y Olivares. Teniendo en cuenta que la barca es una solución reaprovechable y más barata, podría pensarse que la intencionalidad subyacente en Blas de Vegas al decantarse por el puente fue, más allá de resolver el problema del paso provisional, servirse de la ocasión para ensayar una estructura idealizada durante su periodo formativo.

El pasadizo propuesto por Vegas (figura 7) es una fiel adaptación del puente de madera ideado por Palladio para cruzar el torrente Cismone, uno de los más famosos en la historia de la construcción. Las razones que le indujeron a ello las expone el arquitecto en su informe: «El pasadizo propuesto lo describe Palladio con particular recomendación, y es el que he creído más a propósito y económico en el caso presente, por la facilidad de armarlo antes de desmontar el pasadizo actual, sin necesidad de andamios, y desarmarlo después de ejecutada la mayor parte de la obra principal, apoyándolo sobre los tajamares». Naturalmente, no es posible clonar sin más el puente de Palladio: para empezar, la luz a cubrir varía considerablemente, pero además es necesario interpretar –como lo han hecho Funis y Tampone– aquellas partes menos claras de la descripción del Tratado. En lo que sigue se analizan todas estas cuestiones.

Tal como muestra la figura 7, la luz que ha de salvar el paso provisional, una vez demolidas las partes dañadas, es la comprendida entre las jambas exteriores de los aliviaderos, es decir, 20,70 m, o lo que es lo mismo, 74,29 pies castellanos. La luz del pasadizo equivale a un 58 % de la del Cismone, que mide 35,74 m (100 pies vicentinos). Para adaptar el original a la nueva dimensión, el arquitecto procede a reducir el alzado del puente manteniendo sus proporciones. Las medidas que resultan de aplicar la reducción del 58 % son (entre paréntesis las del modelo original): longitud, 20,70 m (35,74); altura, 2,40 m (4,15); distancia entre vigas transversales, 3,45 m (5,96). Hay otras dimensiones en las que la relación del 58 % no se mantiene; por ejemplo la anchura del puente, que en el Cismone era de 4 m y en Zamora pasa a ser de 2,83 m, con una relación de 71 %; también está en este caso la longitud de péndola que sobresale por encima del cordón superior, que pasa de 0,45 a 0, 40 m (89 %). Por último, cambia un valor que, en principio, no tendría por qué hacerlo: la pendiente de los tramos inclinados del cordón inferior de la cercha, que del 3,4 % en el original asciende ahora hasta el 7,5 %. Las razones de estos cambios, de las que nada dice Vegas, tienen cada una su justificación, que paso a exponer.

En cuanto a la mayor anchura asignada al puente, la razón es evidente pues si se hubiera reducido ésta proporcionalmente a la luz del puente, el resultado habría sido insuficiente «para que pase un carro de cada vez». La prolongación de las péndolas principales está condicionada por el gálibo exigible, de donde se deduce que el arquitecto daba por sentada, al igual que Funis (2000, 10), la existencia de vigas de arrios-

tramiento entre las cerchas. La pendiente del 7,5 % de los tramos extremos del cordón inferior, y por tanto del tablero, no parece exagerada si se tiene en cuenta que no superaba la de las rampas defensivas de acceso al puente; además, acarreaba una mejora en el comportamiento estructural de la cercha, y mejoraba la compatibilidad del pasadizo con los trabajos de reconstrucción del arco arruinado, objeto último de la obra. La construcción del pasadizo, tal como la describe Vegas, seguía las instrucciones de Palladio casi al pie de la letra:

> Enseguida se prepararán los cabezales distribuidos en iguales distancias con los barrotes de hierro que han de enlazarlos a los pendolones, y con los niveles y elevación que han de tener los unos con relación a los otros. Sobre dichos cabezales se asentarán las seis vigas principales que formarán las soleras de los guardalados bien unidas en sus extremos y ceñidas a los cabezales en que se clavarán con clavijas de hierro para mayor firmeza, igualmente que en las soleras de los finales. Sobre las referidas uniones se presentarán muy a plomo los postes o pendolones, sujetándolos con los barrotes y pernos de hierro, según lo figura el Plan, y enseguida se colocarán las tornapuntas mayores y puentes de dichos guardalados, exactamente ceñidos en los cortes de unión con los pendolones y extremos de las soleras, igualmente que las tornapuntas menores que abrazan a los postes menores, asegurando los finales de las tornapuntas laterales y medios de cinchos o abrazaderas de hierro, bien afirmados en las soleras y en la forma que indica el plano. (Vegas 1820)

En el párrafo anterior, al referirse Blas de Vegas a las uniones metálicas entre cabezales y péndolas, lo hace empleando el término «barrotes de hierro». No lo hace con la denominación palladiana de arpones o *arpesi*, y es que, ajeno a la mímesis arqueológica, lo que hace es traducir las uniones a la tecnología de su tiempo. Lo que plantea es un barrote de «tres pulgadas de latitud y una pulgada de grueso», y cinco pies de longitud (6,9 × 2,3 × 143 cm), rematado en su extremo por «botonera», con interposición de «chapas de hierro» entre aquella y los cabezales «para mayor firmeza en estos puntos principales». De acuerdo con el detalle en alzado y perfil que aporta el autor (figura 7, izda.), éste había previsto dos barrotes para cada unión –uno a cada lado de la péndola– que se enlazan entre sí mediante «pernos en forma de tornillos con sus tuercas de hierro», de pulgada y media de diámetro (figura 8). El arquitecto salmantino resuelve así un problema, el del deslizamiento de la cercha hacia el interior del puente, que también G. Tampone

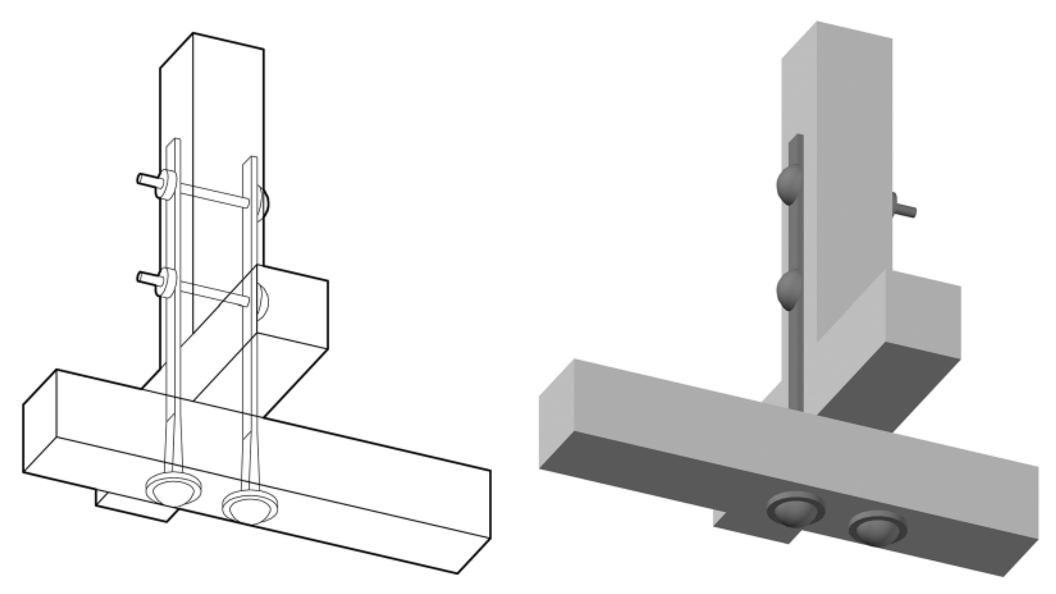


Figura 8
Enlace metálico proyectado por B. de Vegas. Dibujado por F. J. Rodríguez Méndez

había detectado y resuelto, a su vez, mediante la contribución de la primera vigueta del tablero (figura 3, dcha.). El detalle del enlace metálico (figura 7, izda.) arroja también información sobre la escuadría de los maderos que confluyen en el nudo, que es en todos los casos de un pie por un pie (0,28 m). Asignar a la viga transversal el mismo canto que Palladio, supone sin duda ir a favor de seguridad, aunque la luz de la viga haya crecido algo más del 58 %.

Respecto al proceso constructivo, lo único que afirma el arquitecto es que no se iban a necesitar andamios ni en la fase de montaje ni en la de desmontaje, y no aclara la razón de esta aparente contradicción con la interpretación de Tampone (figura 5). No existe tal contradicción, porque lo que en realidad se quiere decir es que no hacía falta andamiaje por disponer ya de uno perfectamente capaz: el pasadizo existente. Todas las maniobras descritas en el párrafo anterior hay que imaginarlas ejecutadas con el pasadizo preexistente aún en su lugar. En la figura 9 se ha representado esta fase de la construcción del puente. Para colocar los cabezales en su posición exacta –«con los niveles y elevación que han de tener los unos con relación a los otros»– fue necesario sin duda calzar los tres centrales sobre un madero de un pie de canto, tal como se aprecia en la figura.

Una vez realizadas todas las operaciones descritas y conectado por sus dos extremos el puente de madera con el enlosado existente, se procederá al desguace del pasadizo anterior (figura 10), y, con ello, a la puesta en carga de la nueva estructura provisional. Sería éste un momento delicado, pues la supresión temporal de las bóvedas de los aliviaderos plantea dudas acerca de la capacidad de los debilitados tímpanos, en unión con las pilas-estribos, para contrarrestar los empujes transmitidos por las bóvedas de los grandes arcos colaterales. Nada se dice en la memoria del proyecto sobre esta cuestión ni tampoco sobre la necesaria consolidación del relleno durante el transcurso de la obra de reconstrucción del arco. Si se prevé, tras la entrada en carga del nuevo pasadizo, el desmontaje de los sillares y dovelas dañados por el derrumbe. De la montaña de escombros y piedra provocada por la ruina –establece inteligentemente el informe– solamente se extraerá ahora aquello que impida la colocación de las primeras hiladas del arco principal, dejando lo restante en su lugar hasta que se hayan retirado las cerchas, «pues los mismos escombros facilitan el armarlas y desarmarlas, sin necesidad de ataguías».

Al tiempo que se van armando las cerchas, se irán ejecutando las diez primeras hiladas de la bóveda del arco principal, ya que el enjarje es estable y no necesita cimbrado en su construcción. A la vez se irán aparejando los canes para apoyo de las cerchas y la parte correspondiente de los tímpanos. Posteriormente se colocarán sobre los canes las cinco cerchas proyectadas, interponiendo durmientes y cuñas de madera para facilitar el descimbrado una vez concluida la obra. Lo único que falta para dar comienzo a la bóveda es tener preparado una cimbra total donde ir apoyando las hiladas radiales sucesivas. Para ello, se clavarán sobre el extradós de las cerchas viguetas de madera, todas del mismo grueso y una en el centro de cada dovela (figura 11).

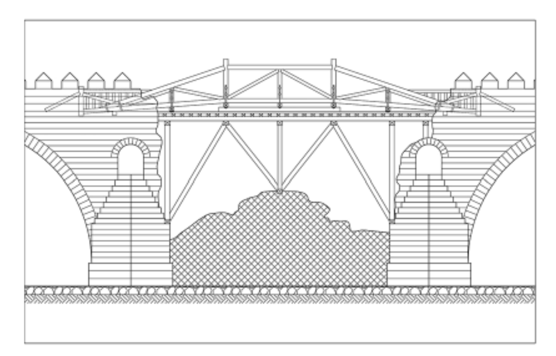


Figura 9
Primera fase de la reconstrucción del arco 6, interpretación de F. J. Rodríguez Méndez

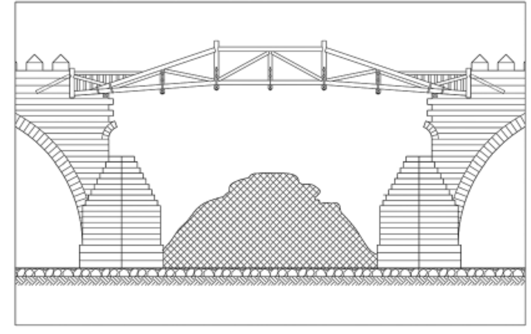


Figura 10
Segunda fase de la reconstrucción del arco 6, interpretación de F. J. Rodríguez Méndez

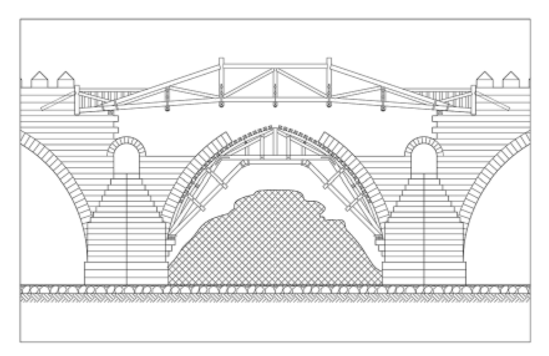


Figura 11
Tercera fase de la reconstrucción del arco 6, interpretación de F. J. Rodríguez Méndez

A medida que se va cerrando la bóveda, se irá aparejando la parte correspondiente de los tímpanos y, alcanzada la altura necesaria, el dovelaje de los aliviaderos. Por último, para completar la bóveda será necesario desmontar previamente el paso provisional, pues, a pesar del incremento de su pendiente, es muy poca la altura que media entre éste y la clave. El estado final de la reconstrucción del puente se muestra en la figura 12, aunque no sea del todo fidedigna por representar las cimbras sin los escombros, necesarios para la retirada de las mismas.

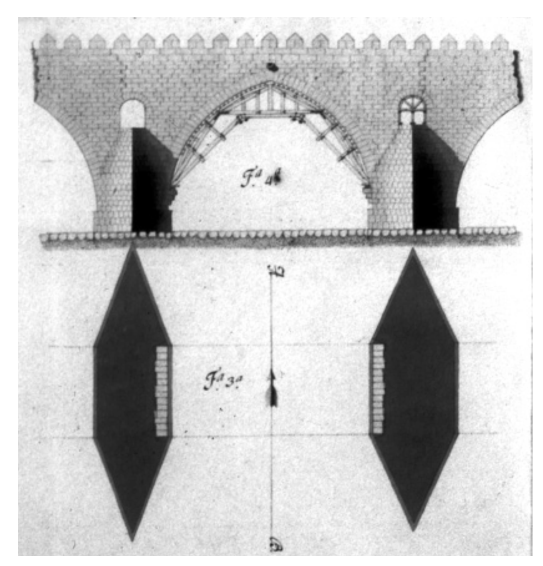


Figura 12
Reconstrucción del arco 6. Fragmento del plano dibujado por Blas de Vegas en 1820 (AHN. Consejos, MPD. 3032)

La autorización por la Real Academia de San Fernando del proyecto de Blas de Vegas tuvo lugar en 1828, mismo año del fallecimiento del autor del proyecto. Probablemente un retraso tan prolongado –ocho largos años– fue el causante de su abandono por parte de la superioridad. En 1835 fue retomada la reconstrucción, esta vez por parte del Ministerio del Interior, que encargó un nuevo proyecto (Fernández [1882] 2003, t 4, 416). La obra, finalizada el año siguiente bajo la dirección del arquitecto Juan Manuel Texa, comprendió además la supresión del almenaje en todo el puente (Fernández 1891, 529). No se sabe si Texa se basó en el proyecto de Blas de Vegas ni cuánto de éste subyace en la obra que finalmente se llevó a cabo. Lo cierto es que el arco número seis, tal como hoy día puede observarse, fue reconstruido como arco de medio punto y no apuntado, como los son sus hermanos y tal como lo dibujó Blas de Vegas.

Notas

1. De entre los cuatro puentes de madera de Palladio, el puente cubierto de Bassano es el que alcanzó mayor popularidad, aunque realmente era el menos original desde el punto de vista constructivo (Funis 2000, 9).
2. Memoria presentada por Luis del Valle con motivo de su nombramiento en 1844 como Académico de Mérito de la Academia Nacional de Nobles Artes de San Fernando.
3. En el alzado del puente del Cismone (figura 1) el vano es de 100 pies. El pie de Vicenza mide 35,7394 cm, y 100 pies equivalen a 35,7394 metros (Funis 2000, 9). La longitud en pies castellanos se obtiene dividiendo los metros entre 0,278635, lo que arroja una cantidad de 128,27 pies, algo mayor que la que declara Luis del Valle.
4. El autor desea dejar constancia de su agradecimiento a la profesora Funis por su rápida y generosa respuesta a la solicitud de información.
5. También reparó en esta disposición el ingeniero Luis del Valle al afirmar que el entramado del piso «presentaba una sagita tan pequeña que apenas se notaba, haciendo la obra por lo mismo muy buen efecto por su ligereza y atrevimiento» (Valle [1844] 1994, 28).
6. Esta última fase del proceso, la disposición de los arriostramientos, la coloca Tampone entre paréntesis para de ese modo hacer constar que se trata de una suposición, no de algo que se pueda deducir del texto del Tratado.

7. Blas de Vegas García [Castronuño (Valladolid) 1781–Salamanca 1828, t 1806] obtuvo el título de arquitecto en la Academia de la Concepción de Valladolid y fue arquitecto municipal de Salamanca desde 1807 hasta 1823 (García Catalán 2015, 242).
8. Vegas García, B. 1820. *Plan que representa la planta superior y alzado del puente de la ciudad de Zamora situado sobre el Duero…* Archivo Histórico Nacional. Consejos, MPD. 3032.

Lista de referencias

Casquero Fernández, J. A. 2012. La iglesia de Santiago del Burgo (Zamora): proceso histórico, restauraciones y aislamiento. En *Studia Zamorensia*, 11: 167–204.

Fernández Duro, C. [1882] 2003. *Memorias Históricas de Zamora, su Provincia y su Obispado*. Valladolid: Editorial Maxtor.

Fernández Duro, C. 1891. *Colección Bibliográfico-biográfica de noticias referentes a la provincia de Zamora o materiales para su historia*. Madrid: Imprenta de Manuel Tello.

Funis, F. 2000. Aspetti costruttivi dei ponti di Palladio. Il ponte sul Cismon e le altre tre invenzioni senza porre altrimenti pali nel fiume. En *Bollettino Ingegneri*, Florencia: Collegio degli Ingegneri della Toscana, 12: 7–18.

García Catalán, E. 2015. *Urbanismo de Salamanca en el siglo XIX*. Salamanca, Ediciones Universidad de Salamanca.

Gutiérrez, R. y G.M. Viñuales. 2008. Palladio entre España e Hispanoamérica. En *Palladio 1508– 2008. Una Visión de la Antigüedad*. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura, 55–76.

Navascués, P. 1980. Reflexiones sobre Palladio en España. En Ackerman, J. S.: *Palladio*. Madrid: Xarait Ediciones, XIII-XXII.

Palladio, A. [1570] 1988. *Los cuatro libros de arquitectura*. En Alipandri, L. de y Martínez Crespo (trad.). Madrid: Ediciones Akal.

Rodríguez Méndez, F. J.; H. Andrés Rodrigo; M.P. Rubio Cavero y J. García Gago. 2011. La Reforma del ingeniero Luis de Justo en el puente medieval de Zamora (1905–1907). En Huerta S. et alt (eds.) *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Santiago de Compostela: I. Juan de Herrera, 1211–1220.

Rondelet, J. B. 1810. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Paris. Tomo IV. Parte I.

Sambricio, C. 1981. ¿Palladio en Menorca? Sobre la ordenación del territorio en la España de la segunda mitad del siglo XVIII. En *Arquitectura*. 230, 42–49.

Tampone, G. 2001. Acquaintance of the ancient timber structures. En Lourenço, P. B. y P. Roca (Eds.): *Historical Constructions*, 3rd International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions. Guimarães.

Tampone, G. 2005. I ponti di legno. Tradizione e innovazione nel Rinascimento. En *Ponti. Sorveglianza, manutenzione e interventi*, Seminario Centro Internazionale di Aggiornamento Sperimentale, Florencia.

Tampone, G. y F. Funis. 2003. Palladio's timber bridges. En *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, Madrid, 20th-24th January 2003, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, ETSAM, A. E. Benvenuto, COAM, F. Dragados, 1909–1919.

Valle Arana, L. del [1844] 1994. *Memoria sobre la situación, disposición y construcción de los puentes*. Valencia: Fundación Esteyco.

Vegas García, B. 1820. *Informe sobre el estado del Puente de Zamora*. Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Comisión de arquitectura. Informes, Puentes, 1820–1859. Legajo 2–31–10.

La tradición constructiva de la región orizabeña durante el Porfiriato [1876-1910]

Abe Yillah Román Alvarado

En el marco de la Conquista de México por las huestes de Hernán Cortés a favor del Imperio español, Orizaba nació en la segunda década del siglo XVI como un indispensable pueblo de camino dada su ubicación a la mitad del trayecto que conectaba la costa veracruzana con la ciudad-capital. Además, era un valle frondoso a las faldas del volcán Citlaltépetl [Pico de Orizaba], de accidentada topografía por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y por el que corrían numerosos ríos, cascadas y manantiales. Así, en medio de un ameno clima semicálido-húmedo, acentuado por lluvias abundantes y nieblas frecuentes, se imponía su muy fértil suelo, rico en especies de flora y fauna.[1]

Sus pobladores tuvieron siempre el cuidado de observar y reconocer el paisaje natural circundante que les conmovía, con el fin de conservarlo conforme el valle se configuraba en un espacio urbano. En este tenor, organizaron la disposición de las calles y la orientación de las casas a partir del viejo camino carretero del siglo XVI, siguiendo un desarrollo lineal de sur a norte. Así, la ciudad terminó por establecerse a lo largo de una angosta área, en la cual la traza se interrumpía tanto por los lechos del Río Orizaba y de los arroyos que la atravesaban como por las elevaciones de tierra que impedían la prolongación del suelo raso, evocando los cerros limítrofes que de manera abrupta alcanzaban pendientes superiores al cien por ciento, es decir, mayores a 45 grados (Román 2016).

A pesar de esta inserción de la naturaleza en lo urbano, Orizaba se encontraba tan adentro de las estribaciones que desde su interior no era fácil percibir el paisaje circundante, sino que se le tenía que rastrear por arriba de las edificaciones o por alguna bocacalle. Además, la ciudad permanecía gran parte del tiempo sumergida bajo un banco de niebla que le impedía apreciar sus confines (Tovalín 2006, 39). De ahí que el entorno se afincara en el ambiente inmediato, obligando a poner atención en los detalles y soluciones de las construcciones existentes para después apropiarse de su diseño tal cual o modificando algo que por mímesis pasaría a ser asumido por otros más. Fue así que las tipologías arquitectónicas adquirieron un partido característico y se instalaron de manera ordenada, paulatina y homogénea en el contexto.

La tradición constructiva en Orizaba

Aunque en sus inicios se tuvo como referente el esquema español castrense, cerrado a cal y canto, el riguroso régimen pluviométrico de la región obligó a adaptar el diseño urbano-arquitectónico a ese comportamiento regular de las precipitaciones. Por lo tanto, la comprensión de las condiciones climáticas generó un principio de orden manifestado en inclinaciones secuenciales que iniciaban desde los techos de tejas de media caña a una, dos o cuatro aguas, por cuyos amplios aleros el agua de lluvia se deslizaba para caer directo en la calle, sirviendo a su vez de cubierta a las estrechas aceras de piedra labrada con el fin de mantenerlas secas y facilitar el tránsito peato-

nal. Éstas guardaban una ligera pendiente desde las fachadas de las casas a los bordillos. Las calles se empedraban para evitar encharcamientos y se proyectaba una inclinación descendente que partía de cada lado hacia una zanja central para desalojar el agua de lluvia (figura 1).

> [Orizaba tenía] una sola temporada de «secas» [sin lluvia] de no más de tres semanas en todo el año. Durante el resto del ciclo anual, las diferencias eran de acuerdo al tipo de lluvias, las que se daban entre verano y otoño eran conocidas como «aguaceros»; si se daban en invierno eran «chipi-chipi» con neblina, de día o de noche. En aquellos tiempos no era raro soportar lluvias constantes que duraban tres semanas y cuando paraban podía haber sólo dos o tres días de sol antes de que volviera a llover (Tovalín 2006, 55–56).

Al exterior predominaba la horizontalidad de los inmuebles, en su mayoría de un piso, mismos que se mostraban como una sucesión de planos continuos y alineados al borde de la acera. La epidermis de los paramentos ostentaba como única decoración el enlucido con mortero de cal en ambas caras aunque el alma fuera de cantos con mezcla de arcilla y desplantara desde los cimientos, pues los acabados aparentes de piedras apretadas con rajuelas sólo se usaban en bardas y como marcas junto al estaquillado de lindes sobre el terreno. En los escasos edificios de dos o más pisos, los muros se reforzaban en sus esquinas con grandes bloques de piedra labrada de un metro de largo por el grosor respectivo, conocidos como «camarones». Los vanos eran de proporción vertical con altura media o de dos tercios en relación a la pared, dispuestos rítmicamente a partir del centro, los cuales alojaban puertas y ventanas de madera de dos hojas partidas, engoznadas en el quicio, con vidrios para ventanillas y rejas corridas de hierro forjado. Estos elementos hacían posible la interconexión visual interior-exterior (figura 1).



Figura 1
En esta fotografía de Gove & North [1883–1884], destaca una típica calle empedrada con su inclinación hacia la zanja central, las aceras de piedra labrada y los amplios aleros de los techos de teja en las construcciones tradicionales de Orizaba. (Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, Archivo Fotográfico, álbum 1071, foto 277).

En la arquitectura doméstica, el acceso a la mayoría de las viviendas era por un zaguán proseguido por una segunda puerta en celosía que permitía la visibilidad a un patio central, al cual lo circundaba un corredor desde el cual se distribuían y comunicaban las habitaciones. Por lo general, siguiendo al interior el esquema de las casas castellanas y andaluzas, al frente se disponía la sala y el recibidor, los dormitorios en una lateral seguidos del baño y la cocina con el comedor al fondo. Esta distribución espacial tenía la finalidad de compartimentar áreas por funciones y respetar la intimidad en ellas, al tiempo que el patio se convertía en el corazón del hogar, en el articulador de actividades intra-domiciliarias, por lo que estaba repleto de árboles frutales y plantas de flor como bugambilias, tulipanes, jazmines, huele de noche, orquídeas, bromelias, flor de maracas, etcétera. Inclusive las familias se afanaban por poseer algún tipo de vegetación exclusiva o exótica.

Bajo este rubro cabe mencionar como anécdota que, dada la riqueza de flora y de especies endémicas de Orizaba, el emperador Maximiliano de México [1864–1867] en su visita a la región en 1865 llegó a afirmar como ávido experto coleccionista que en ese valle había «plantas que no puede soñar la imaginación más atrevida de Europa y frente a cuya abundancia y variedad la ciencia debe rendirse».[2] Ante esto, quizá por esa profusión natural, en la ciudad las calles se destinaron sólo para el tránsito de vehículos y bestias, así como las aceras para uso peatonal, designando para el verdor nada más los patios de las casas, atrios de iglesias, plazas y parques. No obstante también se cuidó de mantener la vegetación propia

de ciertos sitios como las orillas de los lechos de agua que atravesaban la traza, a lo largo de las dos arterias principales y en las vías que llevaban a las haciendas. Por si fuera poco, en el marco del Porfiriato [1876–1911], es decir, durante el periodo en que Porfirio Díaz fue presidente de México, se implantaron nuevas especies de árboles traídos del extranjero, como araucarias de Sudamérica y eucaliptos, casuarinas y grevíleas de Australia (Tovalín 2006, 58).

Regresando a la vivienda, es importante valorar que ésta representa la forma en que sus habitantes convierten sus hábitos y costumbres en espacios concretos y tangibles, reflejando lo que son y su manera de enfrentar la vida. Por ende, obedecen a necesidades prácticas a la vez que signan un territorio propio, materializando la vida familiar y su relación con el contexto social. En este sentido, tanto el diseño de las construcciones domésticas como los usos habitacionales del suelo se definieron con base en una jerarquía socio-económica, la cual en Orizaba se determinó en un primer momento por su cercanía al viejo camino carretero, como ya se mencionó, y en un segundo tiempo en torno a la plaza principal.

Al respecto, cabe referir la inicial segregación social y racial resultante del reparto de los solares que se dio en el antaño pueblo orizabeño, donde los españoles propietarios quedaron al norte cerca del casco central y los indios al sur y en las inmediaciones. Mas como con el tiempo esta separación de alguna manera se tornó obsoleta debido al alquiler de fincas de mediano valor o de vecindades y, durante el Porfiriato, por la proletarización y proliferación de tugurios padecida en la ciudad como resultado del proceso de modernización, entonces la diferenciación se instauró a través del tipo de vivienda que a final de cuentas reflejaba el estrato socio-económico (Román 2016). Sin embargo, aunque los inmuebles reflejaban las diferencias de clase, no se dio una heterogeneidad drástica dado que las construcciones domésticas buscaron siempre su integración al orden establecido desde la etapa colonial y hasta la primera década del siglo XX. Esto dotó de armonía constructiva al valle de Orizaba.

Dicho lo anterior, lo que distinguía a las casas de las élites y del sector oligárquico era el número de pisos, aun cuando éstas solían concentrarse en el tercer cuartel de los nueve que conformaban la división político-administrativa de la ciudad (figura 2). La mayoría era de dos niveles, sólo unas pocas de tres.

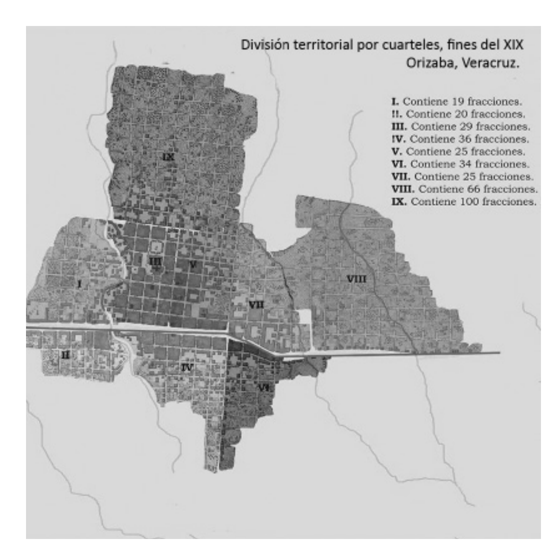


Figura 2
División de Orizaba en cuarteles. (Román 2016).

Las fachadas se caracterizaban por la aplicación de color al encalado, predominando el ocre obtenido de arcillas, y algunas tenían un rodapié acentuado con un tono oscuro. La madera utilizada en portones y ventanas era de mejor calidad y ostentaba algunas tallas, además en el piso superior se recurría a balcones con barandales de hierro forjado y uso de vidrios comunes. Al interior se conservó la distribución colonial en torno al patio central, incluso durante el Porfiriato, cobrando también importancia la escalera.[3] Empero, las habitaciones diversificaron sus funciones y se acondicionaron con base en la comodidad y ostentación, potenciando la higiene y aumentando la altura de los techos. Así, en la planta baja se localizaba un lujoso salón de recepción, la sala, el estudio-biblioteca, el oratorio, el comedor, la cocina, las bodegas y demás áreas de servicios, mientras que la parte alta se reservó para dormitorios y cuartos de estar. Por supuesto, la letrina desapareció para ceder su lugar al baño *english style*, acondicionados con inodoro, mingitorio, regadera, bañera, lavamanos y taburetes tapizados (Román 2016).

En las casas tradicionales de un piso habitaba todo el estrato medio de la población. Empero, los comerciantes que no formaban parte del grupo oligárquico, pero que tenían un papel de suma importancia en la dinámica de la ciudad, junto con los artesanos dedi-

cados a las «industrias artísticas y de lujo» —doradores, plateros, relojeros, encuadernadores, tipógrafos, litógrafos, entre otros, de acuerdo con la clasificación de los censos—, tendían a dividir sus viviendas en dos secciones: la delantera destinada al establecimiento comercial abierta a la calle y la trasera de uso habitacional, conformando las accesorias denominadas «tiendas de tejada» (figura 3).[4]

Por su parte, los cambios en el régimen de propiedad que se dieron con el triunfo liberal tras la Independencia de México [1821] habían fomentado el fraccionamiento en diversos lotes de las viejas fincas de alquiler, de los conventos y terrenos baldíos, donde se construyeron numerosos cuartuchos independientes para habitación. Estas vecindades se conformaron por moradas de uno o dos pequeños cuartos, ubicándose varias de manera inmediata las unas con las otras. Además, este conjunto de construcciones amalgamaba en su interior actividades domésticas, productivas y comerciales, viéndose sus ocupantes en la necesidad de invadir las áreas comunes, ya sea que se tratara de patios o de solares libres. En consecuencia, el contexto urbano se plagó de viviendas precarias (figura 4).



Figura 4
En 1905, C.B. Waite registró en el primer plano de esta imagen «From the bridge in Orizaba» algunas viviendas precarias del casco central, incluso el uso de los solares con tendederos de ropa. (AGN, Instrucción Pública y Bellas Artes, Propiedad Artística y Literaria, núm. de inventario 11.1843).



Figura 3
Esta fotografía de Winfield Scott [1905] muestra la casa que ocupó la fábrica de cigarros El Progreso en Orizaba. Al frente destaca una de las fuentes que abastecían de agua a la ciudad. (Colección CIG/AGN).

Hay que mencionar además que a medida que la ciudad se industrializaba en el siglo XIX fue necesario ampliar el plano urbano, más por la permanente suma de actividades y servicios que por el crecimiento demográfico. Esta labor quedó en manos de agiotistas, quienes compraban tierras rurales baratas o absorbían los terrenos intactos más allá de sus límites —aunque pertenecieran a las repúblicas de indios—, para fraccionarlos y convertirlos en suelo urbano. De este modo, en las inmediaciones, se construyeron grandes bloques de viviendas para dar en préstamo o alquilar a la gran cantidad de obreros y de nuevos trabajadores que llegaban atraídos por los oficios y servicios especializados que demandaba la modernización. Estas casuchas tenían lo mínimo posible de comodidades, ya que así creían garantizar una mayor productividad laboral. Sin embargo, aunque guardaban el esquema colonial de la región, se inscribieron en la modernización por el uso de vidrios en las ventanas y por tener baños colectivos, además de que abanderaron la diferenciación funcional en el uso del suelo con base en la zonificación, es decir, separando las distintas actividades de los habitantes de una ciu-

dad y segregando a los grupos sociales según su capacidad económica. Asimismo, tanto en la región orizabeña como en el Estado de Veracruz,[5] estas casas de obreros fueron las primeras unidades habitacionales ordenadas y rígidas (figura 5), en las que por su carácter de barrios vinculados al sector industrial se renunció a la preservación del antaño admirado paisaje natural (Tovalín 2006, 46–49).

Por otro lado, un aspecto importante es el de las construcciones del sector que para 1910 representaba el 47.7 por ciento de la población del cantón de Orizaba**:** el campesino, esa gran masa conformada por indígenas y mestizos muy empobrecidos. Las casas de los trabajadores agrícolas y de los peones acasillados estaban levantadas sobre terrenos prestados por los cosecheros (Boils 1982, 20–25). Al respecto, las de los primeros, de tipo unifamiliar, desperdigadas en las cercanías del casco hacendario (figura 6) y, las de de los segundos, construidas en serie dentro de la hacienda conforme a una fórmula multifamiliar (figura 7). En el caso de los comuneros, sus casuchas pertenecían a una única familia propietaria, tendiendo a la dispersión en las inmediaciones de los ríos, o



Figura 6
Fotografía de Alfred Briquet de un Rancho de café en Orizaba [1883], donde destaca al centro un jacal de tejamanil de trabajadores agrícolas en las inmediaciones. (Fototeca Constantino Reyes-Valerio de la Coordinación de Monumentos Históricos del INAH, 0315–098).



Figura 5
En esta panorámica de la Fábrica de Río Blanco con su chacuaco en funcionamiento [1901], se observan en primer plano el conjunto de pequeñas viviendas de obreros; de lado izquierdo aquellas con mayor jerarquía que las del lado derecho. (Colección CIG/AGN).

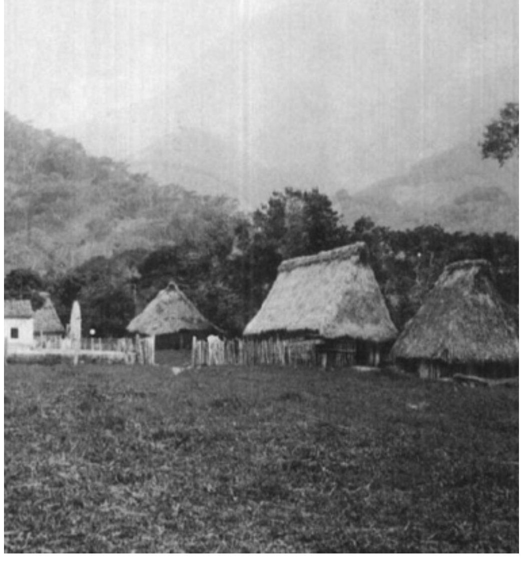


Figura 7
Alfredo Briquet registró aquí, en 1899, algunas chozas de peones acasillados dentro de un rancho, construidas con bajareque y palma. (Colección CIG / AGN).

bien, a una incipiente concentración próxima a pueblos, rancherías o en el cinturón de miseria que rodeaba al casco urbano (figuras 8 y 9).

Este mencionado gran conjunto de chozas o jacales se caracterizaba por la autoconstrucción directamente de sus propios usuarios o mediante el trabajo comunal, utilizando materiales locales, pobres y frágiles, como**:** paramentos de otate, adobe, bajareque o de mampuestos con mortero de cal y en raras ocasiones de tabique o ladrillo, madera como estructura de techumbres de tejamanil, carrizos, palma o tejas de barro cocido, y pisos de tierra apisonada o de lozas de piedra. Asimismo, respondían a criterios de necesidad de protección frente al medio natural, por lo que mostraban adecuación climática al entorno y asimilación del paisaje inmediato. Tan es así que a pesar de contar con posibilidades espaciales más amplias que los terrenos pertenecientes a los sectores populares urbanos, sus construcciones eran muy estrechas debido a que compensaban el interior con la sensación de libertad apercibida del exterior, donde en sí realizaban gran parte de sus actividades habituales. Por tanto, la dimensión de las viviendas rurales de planta rectangular y un solo nivel oscilaba entre diez y cien metros cuadrados, con un hacinamiento de más de seis personas por casa (Boils 1982, 26–32). Un mayor tamaño indicaba que había una «ladinización», es decir, un proceso de transculturación de un indígena a la cultura mestiza.

Los mismos materiales utilizados determinaban la ausencia de vanos, existiendo sólo el correspondiente al del acceso, por lo que también cumplía con la función de única fuente de iluminación natural y ventilación. No obstante, en el caso de las construcciones con tabique o ladrillo podía haber algún pequeño hueco en algún muro lateral como ventana. Los interiores eran uniespaciales, siendo el fogón el centro de la habitabilidad, pues se carecía de las comodidades propias de la población urbana, como agua corriente **—**por lo tanto, baños y desagüe**—**, electricidad y mobiliario distinto a petates, una mesita rústica, banquitos y arcones. Por consiguiente, la higiene dependía del aseo directo en ríos o arroyos, del agua acarreada y del uso de letrinas. Al no haber ornamento alguno, en los solares o áreas aledañas no sólo se cultivaba una limitada huerta para autoconsumo y se criaban gallinas o cerdos con la misma finalidad, sino incluso se cuidaba de árboles y plantas de flor con el propósito funcional de mejorar el clima, pero



Figura 8
En esta toma de Gove & North [1883–1885], destacan dos chozas dentro del casco urbano, junto al Río Orizaba y bajo el Puente del Toro. (Acervo Fotográfico de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia. álbum 1036, foto 265).



Figura 9
En esta imagen de Winfield Scott [1908], sobresale una concentración de chozas en la periferia o inmediaciones del casco urbano. (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Sistema Nacional de Fototecas, Fototeca Nacional, Instituto Nacional de Antropología e Historia, inventario 120867).

también estético para hacer agradable la vivienda (Boils 1982, 56–62). Así, aunque la miseria impregnaba su cotidianidad, la gente rural tenía «la pretensión intuitiva por lograr armonía entre sus necesidades objetivas y la adecuación ambiental subjetiva» (Boils 1982, 50).

En este contexto, la visión modernizante y académico-científica propia del Porfiriato reprobaba estas viviendas rurales, asociándolas con el atraso pre-civilizatorio. Esta posición otorgó validez sólo a las construcciones pertenecientes a las clases medias o dominantes, insertas en el medio urbano y a cargo de profesionales capaces de expresar un lenguaje arquitectónico. Sin embargo, la importancia de referir este conjunto de chozas o jacales radica en que precisamente son la contraparte del ideal progresista decimonónico vinculado con la cuestión urbana. Bajo este rubro, cabe traer a colación la polarización pronunciada de la sociedad porfirista, en la cual por un lado estaban los sectores ligados al desarrollo capitalista y a la creciente modernización y, por otra parte, los sumergidos en condiciones paupérrimas y marginales. Empero, no se trataba de realidades separadas, sino interrelacionadas mediante los mecanismos de explotación laboral y social, de modo que una se explica en función de la otra. Así, estas casas rústicas revelan que el apotegma positivista de «orden y progreso» que abanderó el régimen de Porfirio Diaz, tuvo en la práctica una interpretación ambivalente, aplicando el criterio de orden a las fracciones populares y el de progreso sólo a las burguesas. Por lo tanto, el proceso modernizador fue reduccionista, «no hubo preocupación por atender las necesidades de alojamiento de los estratos bajos, ni ofreció asistencia económica o profesional» (Boils 1982, 18).

Ahora, si bien en la otra cara de la moneda se encuentran las viviendas del casco urbano —tanto las de las élites como las comunes y las precarias, construidas a cargo de un albañil—, así como las de los hacendados y rancheros con patrones arquitectónicos elitistas, cabe señalar que en el cantón orizabeño se asumió, conservó y predominó la tradición constructiva de la región que se acaba de referir. La aparente renuencia a modernizar las fachadas de sus inmuebles, a diferencia de lo acontecido en la Ciudad de México con la especulación inmobiliaria, se debió quizá a su significado sentimental como parte del patrimonio familiar que impedía considerarlos como una inversión en bienes raíces. Tampoco eran una manera de alardear su estatus, pues éste era consabido dentro de la sociedad. En consecuencia, los modelos extranjeros y condicionantes de carácter ideológico con que se buscó encauzar a la ciudad en la modernidad arquitectónica del Porfiriato se preconcibieron sólo para los edificios públicos, los cuales se integraron por contraste al sello provinciano de la ciudad, acentuado además con sus numerosas fuentes —veintiséis, en la última década del ochocientos— y con la gran cantidad de torres y cúpulas de las parroquias y capillas que por mucho superaban a las chimeneas industriales.

El total de edificaciones en números

Si se analizan los datos proporcionados por los censos generales de la República Mexicana de 1895, 1900 y 1910, con el objeto de entrever el estado de la cuestión del conjunto arquitectónico de Orizaba a fines del siglo XIX, es necesario primeramente exponer un escenario regional. Por cuestiones prácticas y para que no se desvié el tema del objeto de estudio, se expone sólo un resumen comparativo de edificaciones en los principales cantones veracruzanos, es decir, del Puerto de Veracruz por su importancia comercial, de Xalapa por ser la capital estatal y de Orizaba por su relevancia en el sector industrial y en la presente investigación.

Cabe señalar la existencia de muchas dificultades para poder realizar este análisis de manera oportuna. La principal se encuentra en el mismo levantamiento censal, pues en aquellos años se dio una boleta por vivienda con base en el procedimiento de auto-empadronamiento y el procesamiento de la información se llevó a cabo en forma manual, dando pauta a limitaciones significativas en la sumatoria de cantidades y en la completa ausencia de un cruce de variables. Asimismo, si bien se hizo una enumeración previa de edificios y casas de cada entidad para calcular el volumen de boletas necesarias, el conteo de viviendas refleja disparidad con respecto a la correlación con el número de población en cada año censal y en la secuencia lógica de los tres censos.

Sin embargo, el mayor inconveniente radica en que en ninguno de los tres censos que aquí conciernen existe una definición de categorías o de la terminología empleada en ellos, es decir, se ignoran los criterios para clasificar las denominaciones de

«casas», «chozas y jacales», «viviendas», «accesorias» y «cuartos independientes». En consecuencia, no hubo una continuidad en el uso de variables, por ejemplo, en 1895 no existió un conteo de chozas y jacales, de modo que estas construcciones han de estar reflejas en el número que comprende a las casas de un piso, las viviendas o los cuartos independientes; en 1900 no se incluyó el rubro de accesorias y además fue el único registro que contempló a los hospicios; y en 1910 sólo se consideraron las chozas. Además, en este último levantamiento, quizá por el ambiente poco propicio a un mes del estallido de la Revolución Mexicana que puso fin al Porfiriato, coinciden todas las cantidades con el de 1900, como si el tiempo se hubiese detenido diez años. Otro problema es que se desconoce cómo se clasificaron las viviendas obreras o de los trabajadores rurales dentro de las haciendas. Esto impide poder realizar cualquier interpretación, lo que obliga a nada más presentar el escenario arquitectónico con el ánimo de dar un ligero acercamiento descriptivo.

Ante esto, me permito clasificar como «casas» a las construcciones de índole habitacional de uno a cuatro pisos que no comparten pared, piso o techo con otra edificación. Del mismo modo, designo como «edificaciones domésticas» al conjunto de variables restantes que en los dos primeros censos se engloban como «departamentos» y en el tercero como «habitaciones», es decir**:** chozas y jacales, viviendas, accesorias y cuartos independientes. El término de «moradas colectivas» refiere a los edificios públicos. No obstante, en consideración con el objeto de estudio centrado en la tradición constructiva, me abstengo de presentar mayores detalles sobre dicho rubro y el de «templos», más allá del resumen general, por estar ambos inscritos en un lenguaje arquitectónico moderno (tablas 1 y 2).

De acuerdo con los datos arriba expuestos se observa que en los tres años censales analizados, el cantón con mayor número de viviendas era el Puerto de Veracruz, seguido por Xalapa. En 1895, Orizaba tenía más casas en obra y moradas colectivas, mientras que los templos orizabeños eran superados por Xalapa con una mínima cantidad. Para 1900, en Orizaba descienden un 68 por ciento las casas en obra y un 25 por ciento las moradas colectivas, pero aumentan 24.7 por ciento los templos. A su vez, el puerto incrementa y lleva la delantera en edificios públicos y Xalapa en religiosos. En 1910 se mantiene la misma cantidad de obras negras e inmuebles civiles, con excepción de las moradas colectivas que crecen en Veracruz, y descienden cerca del 50 por ciento las viviendas y los templos en todos los cantones.

Cantones	1895			
	Viviendas	Casas en obra	Moradas colectivas	Templos
Veracruz	44810	100	40	45
Orizaba	24991	144	54	61
Xalapa	27431	115	46	65
Total	387002	2136	338	512

Cantones	1900			
	Viviendas	Casas en obra	Moradas colectivas	Templos
Veracruz	33960	64	43	66
Orizaba	22962	46	40	81
Xalapa	29155	76	27	126
Total	329564	786	305	438

Cantones	1910			
	Viviendas	Casas en obra	Moradas colectivas	Templos
Veracruz	18782	64	51	34
Orizaba	13358	46	40	43
Xalapa	16596	76	27	64
Total	206277	786	305	438

Tabla 1
Resumen elaborado por Abe Román Alvarado de las edificaciones en los principales cantones de Veracruz, en 1895, 1900 y 1910. Se entiende por «viviendas» la sumatoria de construcciones domésticas [casas de uno a cuatro pisos, cuartos independientes, accesorias, vecindades, chozas y jacales], por «moradas colectivas» a los edificios públicos [internados, asilos, hospicios, cuarteles, hospitales, penitenciarias, prisiones, casas correccionales, cuarteles, establecimientos militares y de marina, hoteles, mesones y casas de huéspedes] y por «templos» al total de inmuebles para el culto [catedrales, parroquias, iglesias, capillas, oratorios y templos protestantes]. (Censo General de la República Mexicana.1895, 1900, 1910)

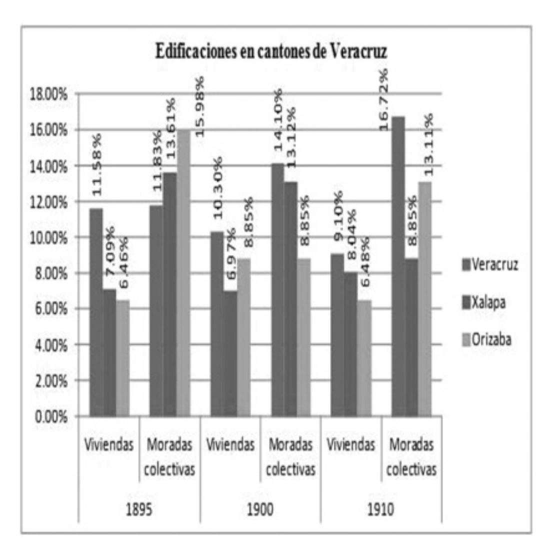


Tabla 2
Porcentaje elaborado por Abe Román Alvarado de viviendas y edificios públicos en los principales cantones de Veracruz, en 1895, 1900 y 1910, con respecto al total estatal. (Censo General de la República Mexicana.1895, 1900, 1910)

Número de pisos	Casas					
	1895		1900		1910	
1	9859	99.32%	6641	98.50%	6641	98.50%
2	63	0.64%	95	1.42%	95	1.41%
3	2	0.02%	5	0.07%	5	0.07%
4	2	0.02%	1	0.01%	1	0.02%
Total	9926		6742		6742	
En obra	144		46		46	

Tabla 3
Conteo de casas por número de pisos en el cantón de Orizaba, elaborado por Abe Román Alvarado. El total de casas de un piso en 1895 es muy superior con respecto a los números de 1900 y 1910. Sin embargo es importante considerar que en 1895 no había un rubro para clasificar las chozas o jacales, por lo que es probable que se hayan contado en este grupo. (Censo General de la República Mexicana.1895, 1900, 1910).

Pasando en exclusiva al cantón de Orizaba, pareciera que las casas de un piso disminuyeron drásticamente de 1895 a 1900 si se observan sólo los números. Sin embargo, al sacar el porcentaje con respecto al total de edificaciones de este conjunto sólo descienden el uno por ciento, lo que reafirma que gran parte de las chozas o jacales que no figuraron como variable en el primer levantamiento se encuentran ahí contabilizadas. En cambio, en los siguientes cinco años de diferencia sí hubo un aumento de casas de dos y tres pisos, aunque dominaran las de un nivel. Ante esto, si se considera que lo que distinguía a las casas de las élites era el número de pisos, se podría asociar la variación a un mayor número de personas enriquecidas o a la llegada de extranjeros con poder adquisitivo, lo que a su vez ayuda a entender la preocupación del cabildo en esos años por invertir en una imagen urbana moderna (tabla 3).

Al disgregar las cifras, el apartado de «edificaciones domésticas» se constituye por las paupérrimas chozas y jacales, por las viviendas que al parecer correspondían a las habitaciones precarias en el casco urbano y/o a las de los obreros, por los cuartos independientes que quizá eran aquellos que conformaban las vecindades resultantes del fraccionamiento y por las accesorias. Los datos de 1900 reflejan un descenso significativo, pero al desconocer los criterios de clasificación y al no haberse considerado las chozas y jacales en el censo de 1895, resulta muy aventurado interpretar las cifras (tabla 4).

Para concluir, a pesar de lo simple y elemental de la tradición constructiva orizabeña, su presencia numérica no sólo configuró la identidad vernácula de la región sino también impactó en la inserción de los edificios públicos adscritos a la modernidad arquitectónica. En este sentido, las nuevas edificaciones del XIX y de las primeras décadas del XX mantuvieron una continuidad en ciertos aspectos funcionales, estructurales y estéticos, pero sobre todo tradujeron la percepción del *otro* tradicional en su mismidad, desde la trinchera de una identidad cultural centrada en la valoración de la diversidad.

Otras edificaciones domésticas						
	1895		1900		1910	
Chozas /Jacales	x	x	6616	40.79%	6616	100%
Viviendas	9967	66.16%	8039	49.56%	x	x
Cuartos independ.	4278	28.40%	*1565	9.65%	x	x
Accesorias	820	5.44%	x	0	x	x
Total	15065		16220		6616	

Tabla 4
Datos de edificaciones domésticas en el cantón de Orizaba, elaborado por Abe Román Alvarado. En el censo de 1895 no existía la clasificación de chozas o jacales, pero sí se da en los de 1900 y 1910, conservando la misma cantidad. Para 1900 apareció una clasificación que englobaba la cantidad de «cuartos independientes o accesorias». En 1910 no se registraron las clasificaciones de viviendas, cuartos independientes ni accesorias. (Censo General de la República Mexicana.1895, 1900, 1910).

Notas

1. En el siglo XIX, el ingeniero D.J.M Tamborrel determinó la posición geográfica de Orizaba a 180°50’55’’ 89 de latitud norte y a 97°06’ de longitud oeste, con una longitud este del meridiano de México a 2°7’54’’75. Los vientos dominantes de dicha ciudad provienen del sur y los temporales del norte, dando una precipitación anual de 2,000 a 3,000 mm. que no alcanza a inundar la ciudad por el fuerte declive de su suelo. En el Porfiriato [período de 1876 a 1911 en que Porfirio Díaz fue presidente de México], la extensión territorial era de 27.97 kms2 con 3,362 m. de longitud y una latitud de 2,304, lo que daba 7, 746,48 m2 de área, a una altura de 1,236.48 msnm (Román 2016).
2. Comentario que el emperador Maximiliano de México ordenó que escribiera su jardinero Knechtel en una carta a Jelinek, su jardinero de Miramar (Ratz y Gómez 2012, 211).
3. Al parecer, por las imágenes y descripciones de fines del siglo XIX, la recurrencia a varios patios y el entresuelo de pequeñas habitaciones destinadas a sirvientes y parientes arrimados, entre los bajos y los altos del inmueble, que caracterizaba a estas viviendas en la Ciudad de México, no se dio en Orizaba.
4. Siguiendo este tipo de viviendas con accesorias, en la Ciudad de México —capital del país— surgieron las casas de «taza y plato» donde la parte baja era de giro comercial y la superior habitacional, así como las «casas de entresuelos» resultantes de fraccionar las antiguas residencias y los claustros conventuales en torno a un patio central, estableciendo áreas comunitarias de servicio, es decir, pozos, atarjeas, lavaderos y letrinas (Fernández 2004, 89).
5. La división política moderna del Estado de Veracruz en México, se diseñó a partir del siglo XIX, dando lugar a diez grandes regiones: Huasteca Veracruzana Alta, Sierra de Huayacotla, Totonacapan, Papaloapan, Llanuras de Sotavento, Tuxtlas, Istmo Veracruzano, Nautla, la Capital y la de Grandes Montañas, en la que a su vez se inscribe la territorial de Orizaba con sus 56 municipios.

Lista de referencias

Arróniz, Joaquín [1867] 2004. *Ensayo de una historia de Orizaba.* México: Biblioteca Mexicana de la Fundación Miguel Alemán / Instituto Veracruzano de la Cultura.

Boils, Guillemo. 1982. *Las casas campesinas en el Porfiriato*. México: M. Casillas / Secretaría de Educación Pública.

Censo General de la República Mexicana [1895] 1897. México: Ministerio de Fomento- Dirección General de Estadística.

Censo General de la República Mexicana [1900] 1904. México: Secretaría de Fomento, Colonización e Industria-Dirección General de Estadística.

Fernández Christlieb, Federico. 2004. «Dimensión arquitectónica de la estructura urbana». *Trazos, usos y arquitectura. La estructura de las ciudades mexicanas en el siglo XIX*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Geografía.

Naredo, José María. 1898. *Estudio geográfico, histórico y estadístico del cantón y de la ciudad de Orizaba*. Orizaba: Imprenta del Hospicio.

Ratz, Konrad y Amparo Gómez Tepexicuapan. 2012. *Los viajes de Maximiliano en México (1864–1867)*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Román Alvarado, Abe Yillah. 2016. «El discurso de modernidad en la arquitectura ecléctica local auspiciada por la oligarquía orizabeña durante el Porfiriato». Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

Tercer Censo de Población de los Estados Unidos Mexicanos [1910] 1918. México: Secretaría de Agricultura y Fomento-Dirección de Estadística.

Tovalín Ahumada, Alberto. 2006. *La casa veracruzana*. Veracruz: Gobierno del Estado de Veracruz.

Aprender a construir. La formación de los maestros durante el siglo XVI. El caso de Jerez de la Frontera

Raúl Romero Medina
Manuel Romero Bejarano

El acceso profesional al mundo de la construcción durante el siglo XVI era un proceso bastante complejo que dependía de una suerte de factores diversos. La formación de los maestros canteros estaba supeditada la experiencia práctica, es decir, al aprendizaje del oficio de cantería que se realizaba básicamente por medio del taller. El aprendizaje de un maestro dependía de la persona con la que se había instruido y esto además condicionaba su posterior desarrollo y carrera. No obstante, hay que señalar que no todos los maestros que realizaban un tipo de formación en el oficio llegaron a ser conocidos o, incluso, a ejecutar obra.

La compleja estructura del mercado impulsó a los maestros canteros a organizarse en una suerte de «red social» donde la endogamia, los lazos de solidaridad y las sagas familiares entretejieron el mundo de la cantería hasta mediados del siglo XVI, coincidiendo con la explosión de la arquitectura del último gótico (Alonso Ruiz 2009, 157-171).

La presencia de compañías, sobre todo entre los canteros trasmeranos, donde se recogían largas relaciones laborales en la contratación de varios trabajos, testimonian el funcionamiento de estas redes de cantería. En este sentido, Cajigas Aberasturi ha documentado hasta 13 compañías de maestros a lo largo del siglo XVI donde algunos de sus miembros pertenecían a una familia con un destacado papel como los Solórzano o los Ruesga (Cajigas Aberasturi (2015, 220)).

En el contexto de la Corona de Castilla se tiene constancia de estas redes que copaban el panorama constructivo desde la segunda mitad del siglo XV y que se hicieron fuertes haciéndose con la mayor parte de obras del mercado. En este sentido, podemos señalar la presencia de Juan Guas, hijo de Pero Guas, quién formó y facilitó la ascendencia profesional de Juan de Ruesga, Martín de Solórzano o Juan Gil de Hontañón. Un caso similar fue el de los Colonia, donde se observan hasta tres dinastías de maestros Juan, Simón y Francisco, los Egas o los Rasines; entre estos últimos no solo destacaron tres generaciones, Juan, Pedro y Rodrigo, sino otros miembros de cantería de la familia como Juan Villar de Rasines o Pedro Villar de Rasines (Alonso Ruiz 2003). Otros nombres significativos son los de la familia de la Vega, de Nates o Praves que, procedentes del pueblo cántabro de Secadura, en la Junta de Voto, se hicieron fuertes en el mercado de la cantería utilizando los lazos matrimoniales (Alonso Ruiz 1991, 111-117).

En Jerez de la Frontera, el caso de estudio que nos ocupa, el funcionamiento del aprendizaje del oficio funcionaba de forma similar al contexto de la cantería hispánica. Desde mediados del siglo XIV se registran nombres como los de Fernán García, tío de Diego Fernández, y autores de la capilla de los Jura en la iglesia de San Juan de los Caballeros (Jácome González y Antón Portillo 2007). El taller de Fernán García puedo ser heredado por otro de sus sobrinos, Alfonso Benítez. Así las cosas, García, Fernández y Benítez son los apellidos de maestros que se forman en el oficio a pie de obra a través de los talleres acti-

vos en estos momentos en la ciudad. (Jiménez López de Eguileta, 2016).

Sin embargo, el caso más significativo jerezano fue el de la saga de los Rodríguez quienes, entre 1437 y 1569, se hicieron con todo el panorama constructivo de la ciudad y su entorno. Encabezando la saga Pedro Rodríguez, a él le sucedieron Alonso Rodríguez «el Viejo», Francisco Rodríguez «el Viejo», Antón Rodríguez, Francisco Rodríguez «el Joven», Cristóbal Rodríguez, Pedro Fernández de la Zarza y Alonso Rodríguez, quien alcanzó fama como maestro mayor de la catedral de Sevilla. Estos nombres son el ejemplo de formación de varios miembros de una misma familia en el oficio a pie de obra.

Como observamos los apellidos García, Benítez, Fernández o Rodríguez van unidos a las familias dedicadas al oficio que irán fortaleciéndose frente a la competencia del mercado profesional. A pesar de ello, no todos los que se querían formar en el oficio gozaban de esta suerte. Los aprendices que se formaban en el taller y a los que no les unían ni lazos de parentesco ni vecindad sólo podían aprender mediante la firma de un documento o carta de aprendizaje. A pesar de ello, estar capacitado como oficial de cantería no garantizaba ejercer responsabilidad en una determinada construcción, no sólo porque para hacerse con una obra se necesitaban fianzas «llanas e abonadas» sino porque, como hemos visto, eran estas familias o redes de cantería las que se hacían con la obra del mercado.

El presente trabajo pretende realizar un análisis exhaustivo sobre los contratos de aprendizaje en Jerez de la Frontera durante el siglo XVI. Pero antes de acometerlo, hay que hacer una distinción clara entre dos tipos de contrato de aprendizaje. El primero de ellos podríamos calificarlo como de «acogida y formación», por el que una persona, en todos los casos analizados siempre un varón, en situación difícil se acoge al aprendizaje buscando de esa manera dominar una profesión con la que ganarse la vida en el futuro. Además, durante el tiempo de aprendizaje los gastos del aprendiz quedaban cubiertos, ya que el maestro se obligaba a su manutención y alojamiento. El segundo tipo de contrato de aprendizaje podríamos denominarlo tan solo como «de formación», por el que el aprendiz incluso llega a pagar para adquirir conocimientos avanzados en la materia.

Contratos de acogida y formación

Como se ha dicho, el primer tipo de contrato es una mezcla entre la acogida y la formación, llegándose a casos en que se trata de verdaderos compromisos de crianza, por parte del maestro, ya que hemos podido localizar aprendices de 14, 13, 12, 10, 9, 6 e incluso 5 años. En cuanto a los más adultos, en casi todos los casos se trasluce una situación de desamparo por parte del aprendiz. Esta situación de riesgo de exclusión social puede deberse a la orfandad, de uno o de los dos padres, o a la procedencia foránea del aprendiz, quien buscaba así asegurarse el sustento. Entre todos los casos analizados se han localizado aprendices de Toledo, Lagos (en Portugal), Moura (Portugal), La Higuera de Albalat, cerca de Trujillo, Aroche, Zafra, Los Santos de Maimona, Navarra, San Vicente de la Barquera o Salamanca. Tal vez la procedencia de algunas poblaciones más cercanas a Jerez, tales como Tarifa, Gibraltar, Lebrija o Chiclana pudieran deberse al prestigio de Jerez como foco constructor regional, ya que al tratarse de localidades no muy grandes, la oferta de formación de un muchacho que decidiese dedicarse a la construcción fuese muy limitada. Desde luego eso no era así en poblaciones como Toledo o Salamanca.

La estructura de los contratos de aprendizaje del primer tipo, los que hemos denominado «de acogida» es muy similar en todos. El documento se formaliza entre el maestro y el aprendiz de manera directa, si bien en algunos casos alguien actúa por el aprendiz, sobre todo cuando éste es de muy corta edad. Así, encontramos contratos otorgados por el padre, la madre, el tío, el hermano, el cuñado o el guardador judicial del aprendiz, dándose dos casos un tanto singulares, como el de Marcos de Verdiaga, un muchacho de 17 años por el que actúa doña Luisa de Villavicencio, para quien el padre del aprendiz trabajaba como mayordomo, o el de Juan Rodríguez, por quien otorga el contrato el albañil Antón Ruiz del Oliva, quien a la vez es el maestro que le va a enseñar el oficio, si bien Ruiz del Oliva especifica en el documento que ya antes Rodríguez estaba «en my poder e casa e serviçio».[1]

En este tipo de contratos el tiempo de aprendizaje medio oscilaba entre los dos y los cuatro años y medio, siendo el más frecuente entre los casos analizados el periodo de 3 años (con 12 casos), seguido por el de 4 años (con diez). Con todo, se han localizado

algunos aprendizajes que se salen de estos intervalos temporales, como el de Diego de Toledo, que sólo duraba un año, y algunos que sobrepasaban los cuatro años y medio, llegándose al caso de Juan Suárez, cuyo tiempo de aprendizaje había de durar 16 años. En estos últimos aprendizajes largos se da la circunstancia de que todos los aprendices eran de corta edad.

En cuanto a las obligaciones de los aprendices, siempre son las mismas, comprometiéndose cada uno con el maestro a servir «en todas las cosas que me mandardes asy en el dicho ofiçio como en otra qual quier cosas que onestas sean de faze»,[2] especificándose en uno de los contratos que el alumno se ocuparía «en cosas tocantes al vuestro ofiçio como en las viña»,[3] algo que no debe sorprendernos pues era habitual que los maestros constructores poseyesen tierras de cultivo y más en concreto viñas, debido al floreciente comercio vinatero del Jerez de la época. Además, el alumno debía quedarse con el maestro todo el tiempo del servicio, y si se ausentaba el maestro estaba autorizado a buscarlo y traerlo otra vez bajo su tutela, comenzando desde ese momento desde el inicio otra vez el tiempo de aprendizaje.

En realidad, el alumno comenzaría a trabajar en las diferentes obras en que se hallase inmerso el maestro, siempre dentro de sus capacidades que, suponemos, irían aumentando con el paso del tiempo. De ese modo, el maestro también obtenía cierto beneficio económico de un alumno al que le costaba el dinero mantener. En este sentido se da un caso curioso (y único en la documentación analizada) que es el del aprendizaje de Antón Gatón con el albañil Rodrigo de Alcalá, pues se especifica que «quando vos el dicho Rodrigo de alcala no tuvieredes obra que hazer podays enviar al dicho anton gaton a ganar jornales por peon con otros maestros para vos mientras no tuvierdes obra que hazer»,[4] con lo cual quedaba resuelto el aprovechamiento económico del maestro aún cuando no trabajase en ninguna obra.

En cuanto a las obligaciones del maestro, quedaban bien establecidas en todos los contratos, y se podrían resumir en las que aparecen en el aprendizaje de Antón Gatón con el albañil Rodrigo de Alcalá, ya que el maestro se obligaba a darle al mozo «de comer e bever e vestir e calçar e casa e cama en que este e duerma durante el dicho tiempo sano e enfermo e que le mostreys e enseñeys el dicho vuestro ofiçio segund e como vos lo sabeys queryendolo e pudyendolo el aprender e que en fin del dicho tiempo por el dicho serviçio le deys acabado de mostrar el dicho ofiçio para que lo sepa faser e usar como vos sabeys tenyendo el para ello abilidad e sufiçiençia». Además, el maestro se comprometía con el alumno a hacerle «buena conpañia y tratamiento y de no vos echar de dicho serviçio antes del dicho tiempo ser cumplido»,[5] so pena de una compensación económica al aprendiz. En caso de enfermedad, el maestro se comprometía con el alumno «de vos curar con medicos y dietar y dar todo lo que obyerdes menester»,[6] si bien los días de baja no se computaban en el tiempo total de enseñanza, y debían ser recuperados. Las estipulaciones registran pocas variaciones de un contrato a otro, siendo excepcional el caso de Domingo Martín, que entra por aprendiz con el albañil Alonso Ruiz Amarillo, quien debía dar «enseñado el dicho ofiçio de albañy y canteria que se entiende de lo de albañeria encalar y solar y formar una cassa quadrada y saber el fundamento que se ha de dar conforme el altura y hazer una portada de canteria de horden jonica y si lo quisiere aprender una capilla en buelta de horno o un cañon»,[7] ya que en este caso se especifican los conocimientos que debía adquirir el pupilo. Otro caso singular es el del aprendizaje de Marcos de Vediaga con Pedro Fernández de la Zarza, quien le había de enseñar el «ofiçio de cantero y entallador segund y como vos lo sabeys sin ocultarle cosa alguna».[8] Fernández de la Zarza fue uno de los maestros más destacados del XVI jerezano, actuando en ocasiones también como autor material de las esculturas que aparecen en sus obras arquitectónicas, como es el caso de la sorprendente bóveda de la Capilla del Socorro de la parroquia de San Miguel (Romero y Romero 2012, 197).

Además, al finalizar el tiempo de aprendizaje el maestro había de entregar al aprendiz una serie de vestidos, contemplándose la opción de sustituir las prendas por dinero para comprarlas. No obstante, lo más frecuente era que se describiese la ropa que se había de dar al alumno. El ejemplo que ponemos a continuación puede resultar típico, como el del albañil Diego Astero se comprometía a entregar al final de su enseñanza a Alonso de Luna «una capa e un sayo de paño de la tierra e unas calças de cordellate e un jubon e dos camysones de lyenço e un bonete e un çinto e unos çapatos todo nuevo».[9] No es raro que en los documentos se especifique que las prendas fuesen nuevas, el tipo de tela con que se hacían e incluso en

algunas ocasiones el precio del tejido. Este tipo de puntualizaciones hace pensar que no siempre se entregaban ropas de calidad a los aprendices, por lo que había que regular la situación en los contratos.

El maestro también había de entregarle al aprendiz al final del periodo, «la heRamyenta con que yo me pueda ganar el jornal»,[10] que aparece mencionada en algunas ocasiones y que se podría resumir, con alguna que otra ausencia según el caso en «una cuchara y una plana y una plomada y una escoda y un esquadra».[11] En un solo caso de los analizados, entre las herramientas figuraba una espada, herramienta que no sabemos en qué labor de la construcción se usaría.

Contratos de formación

Un segundo tipo de contratos son los que hemos a venido a nombrar como «de formación», ya que difieren de los de asistencia en que se trata de una formación más concreta y breve, y además el aprendiz no se queda a vivir con el maestro, pagando incluso por los conocimientos adquiridos. Se trata, en algunas ocasiones, de una formación que casi podríamos denominar académica, como declara Diego Sánchez en su documento de aprendizaje con el albañil Juan López, donde se dice que «vos el dicho Juan lopez seays obligado desde yo dia de la fecha de esta carta fasta dos años cunplidos primeros siguientes de me mostrar el dicho vuestro ofiçio de albañi bien e cunplidamente según que vos lo sabeys y yo pudiendolo deprender no faltando por vos de me lo enseñar dandome leçiones del dicho ofiçio de dia e de noche quando yo vos las pidiere por que yo soy prinçipiante en el dicho ofiçio y se algunas cosas del y por que vos el dicho juan lopes me lo acabeys de mostrar para en fin de los dichos dos años y en fin de los dichos dos años me deys abil y sufiçiente en el dicho ofiçio de albañy».[12]

Todos los casos localizados, que son 6, son aprendices jerezanos y adultos (el menor tenía 20 años), y el periodo de aprendizaje es corto, siendo en la mayoría uno o dos años y en una sola ocasión 3. Por otra parte en ninguno de los casos se les entrega ropa al aprendiz al final de su enseñanza, y en tan sólo uno de los casos se le da herramienta. En el resto, se le proporcionaría durante el periodo de aprendizaje «la heRamyenta que oviere menester para haser el dicho ofiçio en el dicho tiempo e que qual quier agozadura o quebradura de la heRamyenta con que trabajare la adereçeys a my costa (del aprendiz)».[13] Respecto a la comida, nada más que en uno de los casos se dice que el maestro había de alimentar al aprendiz, pero sólo los días que trabajase con él. En el resto de contratos, el asunto no se menciona.

A excepción de un contrato, los aprendices «de formación» pagaban por su formación y nunca cantidades exiguas, ya que ésas iban de los 7 a los 20 ducados. Como contrapartida, cobraban los jornales que trabajasen junto al maestro, lo que parece indicar que conocían los rudimentos del oficio, e incluso se sabe que alguno ya era albañil antes de acceder a la formación. Un ejemplo claro del sistema de pagos y cobros entre aprendices y maestros, es el que se establece entre el albañil Gil Martín y su maestro el albañil Diego Astero. El aprendiz se comprometía a pagar por su formación doce ducados al final del primer año de los dos que duraba, «con tanto que yo no salga dya ninguno de faser algo de vuestra compaña e el dia que os faltare os pague dos Reales si saliere a otra parte sin vuestra liçençia e que si algun dia no se fiziere nada por falta de tiempo que no sea obligado a cosa alguna e con condiçion que nyngun dia de faser algo me dexeys de llebar con vos e si no me llebardes que me pagueys por cada dya dos Reales sy no fuere que me enbiardes a otra obra e que yo lleve los jornales que ganare para my syn que vos tengays parte en ellos e que siendo yo maestro me lleveys con vos para maestro de las obras que fuere menester dos maestro».[14] Como vemos, se establece incluso en el contrato un compromiso de permanencia del aprendiz después del periodo de formación.

Como se ha dicho, dentro de este tipo de contratos de aprendizaje hay uno un tanto especial, ya que el alumno ni paga ni cobra jornales por su trabajo. Se trata de Diego Ruíz, quien era acogido en casa de su maestro, el albañil Juan López, pero se vestía y comía a su costa. El maestro se obligaba a enseñarle el oficio de la albañilería, pero no de manera general, sino que el propio aprendiz declara que «son las piesas que me aveys de enseñar vos el dicho juan lopes un arco escarsano y un arco redondo y un arco carpanel y una portada llana de canteria y una escalera derecha y los solados que yo pudiere aprender y mas piesas si yo las pudiere aprenderen lo qual pongays vos el dicho Juan lopes el cuydado que fuere menester y en el dicho tiempo de un año me

aveys de esaminar de las dichas piesas».[15] A tenor de estas especificaciones, parece que se trataba de lo que podríamos denominar como una suerte de curso de especialización.

Los exámenes

En muchos de los contratos analizados se dice que al final del periodo de formación el aprendiz había de quedar «esaminado a vista de maestros»,[16] «mostrado dicho ofiçio a vista de oficiales»[17] o «desamynado a vysta de los alcaldes del dicho ofiçio»,[18] de manera que queda claro que, al menos durante un tiempo hubo una prueba en la que se hacía un control de los conocimientos adquiridos por el alumno.

Hemos podido localizar en los archivos jerezanos varias actas de estos exámenes en dos periodos diferentes: las primeras en 1544 y las segundas en el arco temporal que va de 1573 a 1586.

> En la muy noble e muy leal çibdad de xerez de la frontera seys dias del mes de henero año del nasçimiento de nuestro salbador hiesu christo de mill e quinientos e quarenta e quatro años en presençia de mi francisco Roman de trugillo escribano publico del numero y escribano del conçejo de esta dicha çibdad e ante los testigos de yuso escriptos paresçieron anton Ruyz del oliba y fernando alvares alcaldes del ofiçio de albañerya e canteria e pedro fernandes de la çarça cantero alaryfe su aconpañado y dixeron que ellos han esaminado y esaminaron en el dicho su ofiçio de albañerya e canteria de lo prymo e basto a tomas martyn albañy vezino de esta çibdad y para el dicho esamen le an bisto labrar e faser e acabar las obras de albañerya e canteria de lo primo e basto que para el dicho esamen se Requerian y el dicho tomas martyn fyzo e acabo las dichas obras muy biene syn defeto alguno e Respondio a las dichas preguntas çufiçientemente como buen maestro esamynado en el dicho ofiçio lo podya e devia fazer por tanto que ellos davan e declaravan al dicho tomas martyn por tal maestro esamynado en el dicho ofiçio de albañerya e canterya de lo primo e basto para que de oy en adelante lo pueda faser e usar como maestro esamynado[19].

Este sería uno de los documentos tipo del primer periodo mencionado, del que se han localizado. Los examinadores eran maestros de reconocido prestigio. De Pedro Fernández de la Zarza, quien actúa como alarife, cargo entre cuyas atribuciones figuraba la de examinar a los aprendices, ya hemos hecho mención. Respecto al portugués Fernando Álvarez, fue uno de los maestros constructores más destacados del XVI en Jerez y basten para demostrarlo obras como las bóvedas de San Mateo o la fachada del palacio Riquelme, mientras que Francisco Ruiz del Oliva era miembro de una importante saga de maestros constructores, destacando en su producción la capilla de San Sebastián de la parroquia de Nuestra Señora de la O de Sanlúcar de Barrameda (Romero Bejarano 2014).

En algunos exámenes no se describen las obras que se pedían hacer al examinado, pero por suerte en otros sí, y así sabemos que a Marcos Rodríguez se le pidió hacer «un solado de almojaRefa junto e revocado y una portada cuadrada y una dança de arcos de ladrillo y de canteria cuadrados llanos y edificar una casa quadrada»,[20] siendo sorprendente la prueba a la que sometieron a Pedro García, vecino de Alcalá de los Gazules, quien fue examinado de «albañieria e arte en edyficar un tenplo de canteria e capillas de piedra e caza de prinsipe o de señor para lo edificar de nuebo pero si estubiere edyficada e comensada que lo pueda proseguir e acabar y que pueda haser una capilla de una clave y que poeda solar de quadrado y solanbrado y de almogaRefa y afoRar gradas o altar o otras obras de asulejos y que pueda faser una escalera de caracol y de caxa».[21]

Con todo, esta tanda de exámenes de 1544 parece que no tenía tan sólo la intención de comprobar que los nuevos maestros eran suficientes para el desarrollo de su trabajo, sino que pretendía ser un medio de control del panorama constructivo local, ya que se exigió el examen a todos los que se dedicaban a esta tarea, sin importar el tiempo que llevaran ejerciendo su oficio. De hecho, a comienzos de 1544 Melchor García, Francisco Bernal, Hernando de la Serna, Lope García, Gaspar de Maya, Pedro de Cervantes, Juan Macías, Antón Gatón, Domingo Pérez, Diego Ximénez, Diego López y Hernando de Atencia otorgaron un poder, por ellos y en nombre de «los otros albañiles que son o fueren desta dicha çibdad»[22] para pedir al emperador Carlos V la supresión del examen. Razón no les faltaba, pues consta por esas fechas que Melchor García había tomado dos aprendices a su cargo, Domingo Pérez había construido buena parte del monasterio de La Victoria de El Puerto de Santa María (Romero Medina 2010) y Diego Ximénez se había encargado de edificar las jere-

zanas parroquias de San Dionisio y San Marcos (Romero Bejarano 2014). Parece que su petición tuvo efecto, ya que no hay noticia de exámenes hasta muchos años después.

Es a partir de 1573 cuando tenemos otra vez noticia de la convocatoria de exámenes para obtener la maestría, prolongándose hasta 1586. En esta ocasión los alcaldes del oficio, o lo que es lo mismo, los examinadores, no van a ser sólo tres, sino que en 26 exámenes localizados se constata la presencia de 18 maestros diferentes, por lo que parece que en este caso la elección de los examinadores podría efectuarse por sorteo.

Otra diferencia sustancial con los exámenes del periodo anterior estriba en las pruebas que debían superar los aspirantes, que suelen ser de «obra tosca de albañilería»,[23] traduciéndose este concepto en algunos exámenes en «una tapia y rrafas toscas y un tejado sensillo y calsar y tantar paredes y un tabique y aderesar una asotea»[24] o «formar una casa de cuatro cuartos repartida por sus piezas y solerias de almoharrefa de junto y de holanbrado y de cartabón».[25] Con todo, se localiza algún examen más avanzado, como el que hizo el montañés Juan de Lacandes en 1576, al que se le pidió «hacer una casa cuadrada sacados sus cimientos y una portada de lunbrales y un arco redondo de canteria o de albañeria y un arco escarzano y una chimenea y un tabique y un suelo revocado y su encalado y entejar un tejado sencillo»,[26] siendo excepcionales los exámenes que hubieron de superar un año después Juan Delgado y Melchor de Morales, a los que los alcaldes exigieron «hazer toda obra de ladrillo soleria y encalado y fundamyentos de pieças y coRedores y otros Repartimyentos qual convienen asi para casas prinçipales como para otras qualesquiera y le an bisto labrar piedra y martelilla e canteria para una portada con su Romano y colunas Redondas y vandeladas y ansimismo le vieron hazer una dança de arcos de piedra sobre colunas y una escalera de caxa».[27]

Conclusión

La documentación que se ha analizado ofrece un panorama general de un aspecto hasta ahora poco conocido de la formación de los maestros constructores durante el siglo XVI en Castilla, en este caso aquellos que no nacían en el seno de una familia dedicada al oficio y tenían que someterse a un contrato de aprendizaje con algún albañil. Se han extraído de los diferentes contratos las edades, procedencias y situaciones sociales de los aprendices, así como los periodos que estaban bajo la tutela del maestro y las obligaciones que tenía que cumplir cada uno. También se pone de manifiesto otro aspecto hasta ahora no muy estudiado como era la remuneración de los aprendices y maestros (en el caso que la hubiera) y los diferentes bienes, ropas y herramientas, que solían recibir los alumnos al final del periodo de formación.

Por último, se pone el foco sobre los exámenes que habían de superar para acceder al grado de maestro, su contenido y su casuística a lo largo de los años.

Notas

1. ARCHIVO DE PROTOCOLOS NOTARIALES DE JEREZ DE LA FRONTERA (a partir de ahora APNJF). 1549. Oficio XII. Martín de la Cruz. Fol. 329 y ss. 12 de junio. Contrato de aprendizaje entre Juan Rodríguez y el albañil Antón Ruíz del Oliva.
2. APNJF. 1515. Oficio X. Pedro Sarmiento y Juan Ambrán. Fol. 36 vto. y ss. 21 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Martín García y el albañil Antón Gatón.
3. APNJF. 1545. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 136 vto. y ss. 9 de abril. Contrato de aprendizaje entre Bernabé de Cuenca y el albañil Domingo Pérez.
4. APNJF. 1539. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol. 965 vto. y ss. 6 de julio.
5. APNJF. 1544. Oficio VIII. Gómez Patiño. Fol. 302 y ss. 6 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Cristóbal Sánchez y el albañil Francisco Ruíz del Oliva.
6. Ib.
7. APNJF. 1579. Oficio V. Francisco Ramos. Fol. 24 vto. y ss. 6 de enero.
8. APNJF. 1547. Oficio XII. Martín de la Cruz. Fol. 718 y ss. 12 de agosto.
9. APNJF. 1546. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol 830 vto. y ss. 4 de septiembre.
10. APNJF. 1543. Oficio IV. Juan Rodríguez de Cea y Juan de Carmona. Fol. 450 vto. y ss. 26 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Juan González y el albañil Melchor García.
11. APNJF. 1533. Oficio X. Baltasar de Lueña. Fol. 907 y ss. 26 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Diego de Angulo y el albañil Fernando Álvarez.
12. APNJF. 1565. Oficio XV. Juan de Carmona. Fol. 1126 vto. y ss. 16 de noviembre.

13. APNJF. 1546. Oficio III (VIII). Rodrigo de Cuenca. Fol. 204 y ss. 21 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Bartolomé Martín y el albañil Francisco Rodríguez de Espinosa.
14. APNJF. 1544. Oficio II. Alonso Sarmiento. Fol. 445 y ss. 3 de julio.
15. APNJF. 1565. Oficio XV. Juan de Carmona. Fol. 112 vto. y ss. 28 de enero.
16. APNJF. 1531. Oficio IV. Juan Rodríguez. Fol. 568 y ss. 19 de julio. Contrato de aprendizaje entre Juan Portugués y el albañil Pedro de Cuevas Rubias.
17. APNJF. 1544. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 554 vto. y ss. 17 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Gonzalo García y el albañil Domingo Pérez.
18. APNJF. 1565. Oficio XV. Juan de Carmona. Fol. 1126 vto. y ss. 16 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Diego Sánchez y el albañil Juan López.
19. APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 3 vto. y ss. 6 de enero.
20. APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 37 y ss. 24 de febrero.
21. APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 123 y ss. 22 de julio.
22. APNJF. 1544. Oficio IV. Juan Rodríguez. Fol. 65 vto. y ss. 26 de enero. El poder se lo otorgan a Alonso Vázquez.
23. Archivo Municipal de Jerez de la Frontera. Archivo Histórico Reservado (a partir de ahora AMJF-AHR). Cajón 24. Expediente 1. 28 de diciembre de 1581. Carta de examen del oficio de albañilería de Alonso Benítez ante los alcaldes Esteban González y Lázaro de Aguilera.
24. AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan de Villares ante los alcaldes Mateo Sánchez y Hernando Alonso.
25. AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 2 de octubre de 1577. Carta de examen del oficio de albañilería de Pedro Merino ante los alcaldes Diego Martín del Oliva y Juan López del Real.
26. AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 7 de julio de 1576. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan de Lacandes ante los alcaldes Juan López del Real y Juan Francisco.
27. AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 3 de marzo de 1578. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan Delgado ante los alcaldes Melchor de Ribera y Andrés Martín.

Lista de referencias documentales

Archivo de Protocolos Notariales de Jerez de la Frontera (APNJF). 1515. Oficio IX. Pedro Sarmiento y Juan Ambrán. Fol. 36 vto. y ss. 21 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Diego de Toledo y el albañil Rodrigo de Alcalá.

APNJF. 1521. Oficio VII. Luis de Llanos. Fol. 674 y ss. 2 de julio. Contrato de aprendizaje entre Bartolomé Sánchez y el albañil Juan Suárez.

APNJF. 1528. Oficio X. Baltasar de Lueña. Fol. 501 vto. y ss. 25 de junio. Contrato de aprendizaje entre Pedro de Arévalo y el albañil Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1531. Oficio IV. Juan Rodríguez. Fol. 568 y ss. 19 de julio. Contrato de aprendizaje entre Juan Portugués y el albañil Pedro de Cuevas Rubias.

APNJF. 1533. Oficio X. Baltasar de Lueña. Fol. 907 y ss. 26 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Diego de Angulo y el albañil Fernando Álvarez.

APNJF. 1539. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol. 965 vto. y ss. 6 de julio. Contrato de aprendizaje entre Antón Gatón y el albañil Rodrigo de Alcalá.

APNJF. 1540. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol. 103 vto. y ss. 4 de enero. Contrato de aprendizaje entre Alonso de Mendoza y el albañil Melchor García.

APNJF. 1543. Oficio IV. Juan Rodríguez de Cea y Juan de Carmona. Fol. 450 vto. y ss. 26 de agosto Contrato de aprendizaje entre Juan González Portugués y el albañil Melchor García.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 3 vto. y ss. 6 de enero. Acta de examen del oficio de albañilería de Tomás Martín. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva, Fernando Álvarez y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 4 y ss. 6 de enero. Acta de examen del oficio de albañilería de Alonso Esteban. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva, Fernando Álvarez y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio II. Alonso Sarmiento. Fol. 100 vto. y ss. 28 de enero. Contrato de aprendizaje entre Juan Rodríguez y el albañil Lope García.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 34 y ss. 9 de febrero. Acta de examen del oficio de albañilería de Diego de la Mar. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva, Fernando Álvarez y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 37 y ss. 24 de febrero. Acta de examen del oficio de albañilería de Marcos Rodríguez. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio VIII. Gómez Patiño. Fol. 302 y ss. 6 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Cristóbal Sánchez y el albañil Francisco Ruíz del Oliva.

APNJF. 1544. Oficio X. Bartolomé Gil de Palencia. Fol. 398 y ss. 12 de junio. Contrato de aprendizaje entre Pedro Domínguez y el albañil Francisco Bernal.

APNJF. 1544. Oficio II. Alonso Sarmiento. Fol. 455 y ss. 3 de julio. Contrato de aprendizaje entre el albañil Gil Martín y el albañil Diego Astero.

APNJF. 1544. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol. 470 vto. y ss. 8 de julio. Contrato de aprendizaje entre Diego Martín y el albañil Alonso López.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 121 vto. y ss. 21 de julio. Acta de examen del oficio de albañilería de Francisco Sánchez. Actuaron como examinadores Fernando Álvarez y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 122 y ss. 21 de julio. Acta de examen del oficio de albañilería de Juan Martín. Actuaron como examinadores Fernando Álvarez y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 123 y ss. 22 de julio. Acta de examen del oficio de albañilería de Pedro García. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio I. Francisco Román de Trujillo. Fol. 123 vto. y ss. 22 de julio. Acta de examen del oficio de albañilería de Luis Pérez. Actuaron como examinadores Antón Ruiz del Oliva y Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1544. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 554 vto. y ss. 17 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Gonzalo García y el albañil Domingo Pérez.

APNJF. 1544. Oficio X. Bartolomé Gil de Palencia. Fol. 760 vto. y ss. 14 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Martín García y el albañil Antón Gatón.

APNJF. 1545. Oficio X. Bartolomé Gil de Palencia. Fol. 17 y ss. 18 de enero. Contrato de aprendizaje entre Antón Sánchez y el albañil Alonso del Oliva.

APNJF. 1545. Oficio X. Bartolomé Gil de Palencia. Fol. 177 vto. y ss. 18 de marzo. Contrato de aprendizaje entre Juan Gil y el albañil Domingo Pérez.

APNJF. 1545. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 136 vto. y ss. 9 de abril. Contrato de aprendizaje entre Bernabé de Cuenca y el albañil Domingo Pérez.

APNJF. 1545. Oficio IX. Leonís Álvarez. Fol. 519 y ss. 7 de junio. Contrato de aprendizaje entre Bartolomé López y el albañil Bernardino Colmenero.

APNJF. 1546. Oficio V. Rodrigo de Rus. Foliación perdida. 5 de julio. Contrato de aprendizaje entre Marco Rodríguez y el albañil Gaspar de Maya.

APNJF. 1546. Oficio V. Rodrigo de Rus. Fol. 830 vto. y ss. 4 de septiembre. Contrato de aprendizaje entre Alonso de Luna y el albañil Diego Astero.

APNJF. 1546. Oficio V. Rodrigo de Rus. Foliación perdida. 17 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Juan Gil y el albañil Andrés del Oliva.

APNJF. 1546. Oficio III (VIII). Rodrigo de Cuenca. Fol. 204 y ss. 21 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Martín Durán y el albañil Francisco Rodríguez de Espinosa.

APNJF. 1547. Oficio II. Alonso Sarmiento. Fol. 135 y ss. 6 de enero. Contrato de aprendizaje entre Gonzalo Núñez y el albañil Juan Macías.

APNJF. 1547. Oficio XI. Leonís Álvarez. Fol. 284 vto. y ss. 15 de febrero. Contrato de aprendizaje entre Juan el de Alonso el corredor y el albañil Melchor García.

APNJF. 1547. Oficio XII. Martín de la Cruz. Fol. 718 vto. y ss. 12 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Marcos de Vediaga y el albañil Pedro Fernández de la Zarza.

APNJF. 1547. Oficio XI. Leonís Álvarez. Fol. 1089 vto. y ss. 16 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Francisco Cid y el albañil Alonso López.

APNJF. 1549. Oficio XII. Martín de la Cruz. Fol. 379 y ss. 12 de junio. Contrato de aprendizaje entre Juan Rodríguez y el albañil Antón Ruíz del Oliva.

APNJF. 1550. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 5 vto. y ss. 28 de diciembre de 1549. Contrato de aprendizaje entre Diego López y el albañil Diego Martín del Oliva.

APNJF. 1552. Oficio XVIII (VII). Simón García Copín. Fol. 87 vto. y ss. 31 de enero. Contrato de aprendizaje entre Alonso Morales y el albañil Diego Astero.

APNJF. 1554. Oficio XII. Martín de la Cruz. Fol. 355 vto. y ss. 16 de abril. Contrato de aprendizaje entre Francisco Nieto y el albañil Andrés de Ribera.

APNJF. 1558. Oficio XI. Leonís Álvarez. Fol. 384 y ss. 26 de marzo. Contrato de aprendizaje entre Francisco de Villanueva y el albañil Diego Martín del Oliva.

APNJF. 1563. Oficio I. Juan de Montesinos. Fol. 987 vto. y ss. 3 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Juan Díaz y el albañil Melchor García.

APNJF. 1565. Oficio XV. Juan de Carmona. Fol. 112 vto. y ss. 28 de enero. Contrato de aprendizaje entre Diego Ruíz y el albañil Juan López.

APNJF. 1565. Oficio XVIII. Juan Sánchez. Fol. 275 vto. y ss. 17 de mayo. Contrato de aprendizaje entre el albañil Melchor de Morales y el albañil Martín Delgado.

APNJF. 1565. Oficio XVIII. Juan Sánchez. Fol. 462 y ss. 6 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Manuel Fernández y el albañil Mateo Sánchez.

APNJF. 1565. Oficio XV. Juan de Carmona. Fol. 1126 vto. y ss. 16 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Diego Sánchez y el albañil Juan López del Real.

APNJF. 1571. Oficio I. Juan de Montesinos. Fol. 1053 vto. y ss. 20 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Miguel Martín y el albañil Mateo Sánchez.

APNJF. 1572. Oficio X. Diego Jiménez. Fol. 862 y ss. 22 de julio. Contrato de aprendizaje entre Esteban Martín y el albañil Juan Rodríguez.

Archivo Municipal de Jerez de la Frontera. Archivo Histórico Reservado (a partir de ahora AMJF-AHR). Cajón 24. Expediente 1. 29 de noviembre de 1573. Carta de examen del oficio de albañilería de Nuño de Sayavedra ante los maestros Melchor García y Juan González.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 6 de diciembre de 1573. Carta de examen del oficio de albañilería de Francisco Martín ante los maestros Melchor García y Juan Beato.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 6 de diciembre de 1573. Carta de examen del oficio de albañilería de Antonio Rodríguez ante los maestros Melchor García y Juan Beato.

APNJF. 1574. Oficio XV (XVIII). Alonso Álvarez de Lillo. Fol. 414 vto. y ss. 10 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Juan Pérez de Villarán y el albañil Diego Martín del Oliva.

APNJF. 1575. Oficio I. Juan de Montesinos. Fol. 119 y ss. 23 de enero. Contrato de aprendizaje entre Pedro Miguel y el albañil Mateo Sánchez.

APNJF. 1575. Oficio I. Juan de Montesinos. Fol. 564 vto. y ss. 3 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Lorenzo Rodríguez y el albañil Pedro Sánchez.

APNJF. 1575. Oficio XV (VIII). Alonso Álvarez de Lillo. Fol. 1186 y ss. 22 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Alonso García y el albañil Esteban González.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 7 de julio de 1576. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan de Lacandes ante los maestros Melchor García y Juan Beato.

APNJF. 1576. Oficio III. Hernando de San Miguel. Fol. 933 vto. y ss. 24 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Juan Luis y el albañil Pedro Benítez.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 2 de octubre de 1577. Carta de examen del oficio de albañilería de Pedro Merino ante los maestros Diego Martín del Oliva y Juan López del Real.

APNJF. 1577. Oficio X. Diego Jiménez. Fol. 917 y ss. 3 de octubre. Contrato de aprendizaje entre Juan Martín y el albañil Juan Rodríguez.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 11 de diciembre de 1577. Carta de examen del oficio de albañilería de Pedro Martín ante los maestros Juan López del Real y Diego Martín del Oliva.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 24 de diciembre de 1577. Carta de examen del oficio de albañilería de Francisco de Castro ante los maestros Juan López del Real, Diego de Angulo y Pedro Sánchez.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 3 de marzo de 1578. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan Delgado ante los maestros Melchor de Ribera y Andrés Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 3 de marzo de 1578. Carta de examen del oficio de albañilería de Melchor de Morales ante los maestros Melchor de Ribera y Andrés Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 3 de abril de 1578. Carta de examen del oficio de albañilería de Francisco Jiménez ante los maestros Melchor de Ribera y Andrés Martín.

APNJF. 1578. Oficio XV (VIII). Alonso Álvarez de Lillo. Fol. 755 y ss. 4 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Bartolomé García y el albañil Pedro Sánchez.

APNJF. 1579. Oficio V. Francisco Ramos. Fol. 24 vto. y ss. 6 de marzo. Contrato de aprendizaje entre Domingo Martín y el albañil Alonso Ruíz Amarillo.

APNJF. 1579. Oficio XI. Pedro Álvarez y Pedro Jiménez. Fol. 529 y ss. 21 de abril. Contrato de aprendizaje entre Blas de las Lachas y el albañil Diego Martín del Oliva.

APNJF. 1579. Oficio XI. Pedro Álvarez y Pedro Jiménez. Fol. 600 y ss. 4 de mayo. Contrato de aprendizaje entre Gonzalo Martín y el albañil Diego Martín del Oliva.

APNJF. 1579. Oficio VII. Pedro Núñez. Fol. 1666 vto. y ss. 10 de noviembre. Contrato de aprendizaje entre Agustín de Figueroa y el albañil Mateo Sánchez.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 5 de enero de 1580. Carta de examen del oficio de albañilería de Alonso Benítez ante los maestros Esteban González y Andrés Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 24 de enero de 1580. Carta de examen del oficio de albañilería de Lázaro de Aguilera ante los maestros Esteban González y Andrés Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 27 de febrero de 1580. Carta de examen del oficio de albañilería de Francisco Gutiérrez ante los maestros Esteban González y Juan Beato.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 28 de diciembre de 1581. Carta de examen del oficio de albañilería de Gaspar Hernández ante los maestros Esteban González y Lázaro de Aguilera.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 28 de diciembre de 1581. Carta de examen del oficio de albañilería de Alonso Benítez ante los maestros Esteban González y Lázaro de Aguilera.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 28 de diciembre de 1581. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan Luis ante los maestros Esteban González y Lázaro de Aguilera.

APNJF. 1582. Oficio XI. Pedro Álvarez. Fol. 968 y ss. 6 de agosto. Contrato de aprendizaje entre Alonso García y el albañil Diego Martín del Oliva.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de marzo de 1585. Carta de examen del oficio de albañilería de Martín Hernández de Ávila ante los maestros Mateo Sánchez y Alonso Ruíz Amarillo.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 8 de diciembre de 1585. Carta de examen del oficio de albañilería de Mateo Sánchez ante los maestros Alonso Ruíz Amarillo y Pedro Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 31 de diciembre de 1585. Carta de examen del oficio de albañilería de Bernabé López ante los maestros Alonso Ruíz Amarillo y Pedro Martín.

APNJF. 1586. Oficio VII. Alonso Álvarez de Lillo y Francisco Díaz de León. Fol. 112 vto. y ss. 31 de enero. Contrato de aprendizaje entre el peón de albañil Gonzalo Meléndez y el albañil Esteban Martín.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 10 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Lorenzo Ordóñez ante los maestros Hernando Alonso y Juan Pérez.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Juan de Villares ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Alonso García ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Luis Hernández ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Tomás Rodríguez ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 17 de febrero de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Antón García ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

AMJF-AHR. Cajón 24. Expediente 1. 28 de noviembre de 1586. Carta de examen del oficio de albañilería de Francisco Martín Aparicio ante los maestros Mateo Sánchez y Hernando Alonso.

Lista de referencias bibliográficas

Alonso Ruiz, B. 1991. «Datos para el estudio de la organización familiar en los canteros de Trasmiera. Las familias Nates y Vega en Secadura». En *Jornadas Nacionales sobre el Renacimiento Español, Príncipe de Viana,* Anejo, 10: 111-117.

Alonso Ruiz. B. 2003.*Arquitectura tardogótica en Castilla: los Rasines.* Santander, Universidad de Cantabria.

Alonso Ruiz, B. 2009. «El arte de la cantería en Castilla durante el siglo XVI». *El arte de la piedra. Teoría y práctica de la cantería.* Madrid, CEU ediciones, 157-171.

Cajigas Aberasturi, A.I. 2015. «Los maestros canteros de Trasmiera». Tesis Doctoral inédita leída en 2015. Santander, Universidad de Cantabria.

Jácome González, J. y Antón Portillo, J. 2007. «La capilla de los Jura de San Juan de los Caballeros, de Jerez de la Frontera: entre la épica y la realidad histórica». *Revista de Historia de Jerez*, 13: 183-212.

Jiménez López de Eguileta, J. 2016. «Una casa señorial en el Jerez bajomedieval. Las moradas de Alfonso Fernández de Valdespino y los alarifes Fernán García y Diego Fernández». En Pérez Mulet, F. (dir.), *Nuevas aportaciones a la Historia del Arte en Jerez de la Frontera y su entorno*. Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.

Romero Bejarano, M. 2014. «Maestros y edificios de filiación portuguesa en el Tardogótico de la Baja Andalucía». Tesis doctoral inédita leída en 2014. Sevilla, Universidad de Sevilla.

Romero Medina, R. y Romero Bejarano, M. 2010. «Un lugar llamado Jerez. El maestro Alonso Rodríguez y sus vínculos familiares y profesionales en el contexto de la arquitectura del tardogótico en Jerez de la Frontera». En Jiménez Martín, A. (ed.), *La catedral después de Carlin, Aula Hernán Ruiz XVII edición*. Sevilla, Taller Dereçeo, 175-288.

Romero Medina, R. y Romero Bejarano, M. 2012. «Pedro Fernández de la Zarza: un maestro tardogótico de la Baja Andalucía (1494-1569)». En Alonso Ruíz, B. (coord.), *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*, Madrid, Sílex, 197-212.

Romero Medina, R. 2010. «Los canteros de la obra tardogótica del monasterio de La Victoria de El Puerto de Santa María». *Revista de Historia de El Puerto*, 44: 59-78.

Los dos puentes basculantes sobre la ría del Nervión en Bilbao

Miguel Rotaeche Gallano

El objeto de este trabajo es la construcción y el cálculo de los dos puentes basculantes que el ingeniero de Caminos Ignacio Rotaeche (1888–1951) construyó sobre la ría de Bilbao. Empezaremos tratando en primer lugar los antecedentes históricos de este tipo de puentes en el ámbito internacional. Después, en el nacional, para terminar refiriéndonos a los dos puentes de Bilbao que nos ocupan. La opinión general es que estos dos puentes de Bilbao, construidos casi simultáneamente en la década de 1930, vienen directamente de los puentes basculantes de Chicago. La realidad es que hubo antecedentes en España. Concretamente, dos puentes basculantes en Sevilla, de los que se obtuvo información técnica fundamental para construir estos.

Los puentes basculantes constan básicamente de dos tableros que, equilibrados con un contrapeso, se elevan alrededor de su eje horizontal para dejar paso a la navegación. Se desarrollaron a principios del siglo XX, coincidiendo con la disponibilidad de acero laminado para estructuras y motores eléctricos fiables, y fueron sustituyendo paulatinamente a los puentes pivotantes de eje vertical, más comunes en el siglo XIX. Los puentes basculantes y los puentes móviles en general, rara vez se construyen hoy en día, debido a los inconvenientes de las interrupciones del tráfico, los gastos de mantenimiento y los salarios del personal a cargo.

El puente basculante de acero más antiguo es el famoso Tower Bridge sobre el Támesis en Londres, con sus dos torres neogóticas. Tiene una luz de 61,50 m., y su construcción duró ocho años, de 1886 a 1894. Sorprendentemente, el diseño fue de un arquitecto, Horace James. James murió al año de empezar las obras, siendo sustituido por el ingeniero Sir John Wolfe-Barry, que había estado al cargo de los mecanismos.

A finales del siglo XIX se desarrollaron en los Estados Unidos dos variantes de puente basculante: La primera es el puente «tipo Chicago», desarrollado por el Departamento de Obras Públicas de Chicago, que consistía en tableros que se levantaban alrededor de un eje fijo horizontal. El primero fue el Cortland Street Bridge, que adaptaba el diseño del Tower Bridge de Londres. Se construyeron multitud de puentes de este tipo, de manera que hacia 1960 había más de cincuenta en funcionamiento en Chicago (Cleary 2007, 289) (figura 1).

La otra variante de puente basculante fue la que patentó William Scherzer (1858–1893), en la que los tableros se apoyan en vigas curvas que ruedan sobre un carril, como una silla mecedora, de modo que al levantarse los tableros se apartan del río. De hecho, el nombre de su empresa era Scherzer Rolling Lift Bridge Company, es decir, compañía de puentes levadizos rodantes. Este mecanismo es algo más lento que el del tipo Chicago, y tiene el inconveniente de que la carga sobre la cimentación es móvil, pero terminó adoptándose en muchos casos. Precisamente, de este tipo fueron los dos puentes basculantes de Sevilla y los dos de Bilbao que trataremos aquí.

Los primeros puentes basculantes de acero en España se construyeron en Sevilla. El primero fue el



Figura 1
Remolcado de una grúa flotante, Chicago. (chicagoloop-bridges.com)

puente de Alfonso XIII, sobre la Corta de Tablada, o Canal de Alfonso XIII, un cauce artificial del Guadalquivir excavado en las primeras décadas del siglo XX. El puente lo proyectó un ingeniero de nombre José Delgado Brackenbury, con asesoramiento de la empresa Scherzer Rolling Bridge Company de Chicago. La empresa constructora fue La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona. Este puente se inauguró en 1929, y es de celosía de acero laminado (figura 2), con una luz de 56 m. Se desmontó en 1998 y se encuentra hoy en un solar desafectado de Sevilla que en un futuro será parque.

El segundo fue el puente de San Telmo sobre el Guadalquivir, con una luz de 50 m., también de sistema Scherzer, pero con vigas principales de alma llena, y fue proyectado por José Riberaen 1920, aunque no se comenzó a construir hasta 1925, inaugurándose



Figura 2
Puente de Alfonso XIII en Sevilla. Inaugurado en 1929. (ICAS-SAHP-Fototeca Municipal de Sevilla-Archivo Serrano)

en 1931. La parte móvil la construyó aquí también La Maquinista Terrestre y Marítima (figura 3). La cimentación corrió a cargo de Eduardo Torroja, discípulo de Ribera, y fue del tipo de cajas de hormigón con «excavación con aire comprimido», que por primera vez Torroja hizo transportar remolcadas flotando hasta el puente (Díaz Pavón 2016, 303). Este puente de San Telmo es fijo hoy en día, ya que se ha sustituido la parte móvil por un arco de hormigón armado.



Figura 3
Puente de San Telmo en Sevilla. José Ribera. Inaugurado en 1931. (Diaz-Pavón 2016)

Vamos a detenernos aquí en la descripción de este sistema de cimentación. En el cajón de cimentación denominado con el eufemismo «de excavación por aire comprimido» no es el aire comprimido el que hace la excavación. Antes bien, el sistema consiste en una campana que se sumerge en el agua hasta el fondo que se desea excavar, campana en la que se sitúan los operarios, excavando el fondo a mano. Mientras tanto, el cajón se mantiene en sobrepresión con aire comprimido, lo que impide que el nivel del agua suba dentro de la campana. En la parte superior hay una doble compuerta para acceso de los operarios y salida de los productos de la excavación sin pérdida de presión de aire. No es necesario decir que las condiciones de trabajo eran durísimas, que las diferencias de presión que los operarios sufrían al entrar y salir se llevaban sin mucho método, y que los accidentes con secuelas por descompresión eran muy frecuentes.

Esta técnica de cimentación «de excavación por aire comprimido» es antigua. La usó Brunel en 1854 y 1874. También se utilizó en el puente de Brooklyn (1883). En todos estos casos las cajas eran metálicas y de madera. El ejemplo más antiguo en España sería el de parte de la cimentación del dique seco número tres y del número dos del Astillero Euscalduna en Bilbao, realizadas en 1903 «por medio de cajones de hierro hincados con auxilio de aire comprimido» (Ibáñez 2002, 58), aunque según Díaz Pavón, fue José Ribera el que introdujo por primera vez este sistema en España en1906, en la obra del puente de Valencia de San Juan, en la provincia de León (Diaz Pavón 2016, 300). Como se ha dicho, las cajas de cimentación que Torroja proyectó para el puente de San Telmo en Sevilla eran de hormigón armado. Veremos que este sistema de cimentación es el que se adoptó en los dos puentes móviles de Bilbao.

Se trata del puente del Ayuntamiento, con proyecto de 1929, inaugurado el 7/12/1936, sin ceremonia ninguna, en plena guerra civil, y el puente de Deusto, con proyecto de 1930, inaugurado seis días más tarde. Fueron diseñados por el Ingeniero de Caminos Ignacio Rotaeche, con el Ingeniero Industrial José Ortiz de Artíñano en mecanismos y el Arquitecto Ricardo Bastida en la decoración.

No es seguro que Ignacio Rotaeche llegara a visitarlos puentes de Chicago. Fue becado al terminar su carrera de Ingeniero de Caminos junto con otros dos compañeros, Enrique Molezún y José Solana a un viaje de estudios a los Estados Unidos en 1912 y, aunque visitaron multitud de obras civiles, no hay certeza de que llegaran a ver los puentes de Chicago. Y no conocería de primera mano los puentes móviles de Sevilla ya que, aunque estuvo destinado en Sevilla dentro de su vida profesional, lo fue en 1913, mucho antes de que se construyeran los dos puentes móviles sobre el Guadalquivir. El vínculo vendría más tarde, en 1928, cuando una vez recibido el encargo de los puentes, obtuvo del ingeniero José Luis de Casso del Puerto de Sevilla información técnica consistente en planos y sobrecargas utilizadas en el cálculo del puente de Alfonso XIII, entonces todavía en construcción (AHDV).

En realidad, la iniciativa de construir los puentes móviles en Bilbao vino del arquitecto municipal Ricardo Bastida que, junto con otros arquitectos bilbaínos, acudió a un congreso eucarístico en Chicago en 1926. Llegó a realizar en 1927 un anteproyecto del puente móvil del Ayuntamiento (figura 4) que el Ayuntamiento presentó en la Jefatura de Obras Públicas, proyecto que el Ministerio de Fomento autorizó. Así, el Ayuntamiento designó el 30 de mayo de 1928 a D. Guillermo Barandiarán, Ingeniero de Caminos, y D. José Ortiz de Artíñano, Ingeniero Industrial, para que estudiaran los proyectos de puente móvil del Ayuntamiento y de Deusto. Habiéndose retirado el Sr. Barandiarán, quedaron nombrados el 14 de junio de 1928 Ignacio Rotaeche, Ingeniero de Caminos, y José Ortiz de Artíñano. Hicieron un viaje de estudios a Bélgica, Holanda y Alemania, y visitaron entre otros un puente levadizo en Rotterdam (AMB), en construcción en aquel momento, el Koninginnebrug, del tipo Chicago, que se terminaría en 1929.

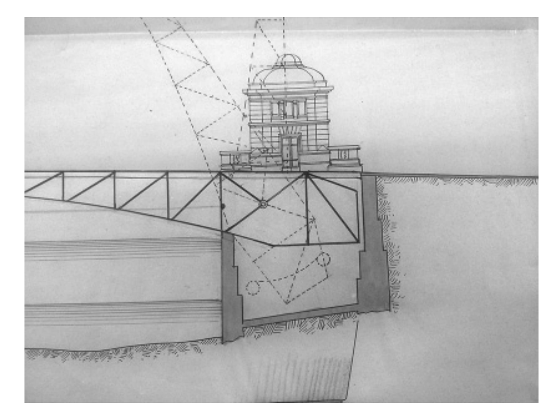


Figura 4
Anteproyecto de puente móvil del Ayuntamiento. Ricardo Bastida 1927. (AMB)

El puente del Ayuntamiento

También denominado puente de Buenos Aires, por el nombre de la calle de la que parte, o puente de Begoña, por el nombre del barrio al que da acceso (figura 5).

En julio de 1928, al mes siguiente de recibir el encargo, estaban ya realizados los sondeos. Fueron cuatro sondeos de extracción, dos en cada estribo, a 25–30 m. de distancia entre sí. En el margen izquierdo encontraron cayuela consistente (roca estratificada con arcilla) a 8 m. del fondo de la ría. En el margen derecho, a 4,50 m.

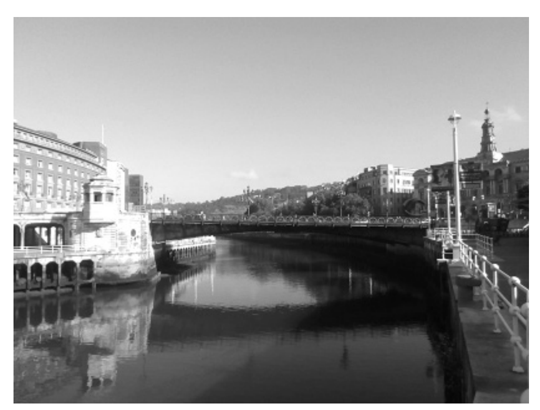


Figura 5
Puente del Ayuntamiento en la actualidad. (Fotografía del autor)

El proyecto se entregó en enero de 1929. Se sacó a concurso, y no se adjudicó hasta septiembre de 1931. Se presentaron tres empresas: La Maquinista Terrestre y Marítima (Barcelona), Sociedad Anónima Basconia (Bilbao) y Sociedad Española de Construcciones Babcock&Wilcox (Bilbao). Se adjudicó la obra a esta última, a pesar de que la Maquinista presentaba un presupuesto un 14% inferior. Las obras empezaron a finales de ese año 1931.La Maquinista se presentaba con Scherzer, Basconia con MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) y Babcock&Wilcox, la adjudicataria, en lo que hoy llamaríamos una U.T.E., con la Compañía Euscalduna de Construcción y Reparación de Buques, Sociedad Entrecanales y Távora, Sociedad de Construcciones Gamboa y Domingo, y Sociedad Retolaza y Anacabe.

Se usaron para el proyecto gráficas muy minuciosas de crecidas del Nervión, con datos tan antiguos como el siglo XIV. En julio de 1928 se midió el nivel de la ría cada 15' durante varias semanas. En Octubre de 1933 se hizo otro tanto. Se utilizó la memoria de Pablo de Alzola (1841–1912, famoso ingeniero de caminos y Alcalde de Bilbao) sobre las crecidas del Nervión para el puente de San Antón, y los datos de las crecidas de la ría de 1801,1858, 1908, 1926 y 1928.

Charles L. Keller (1871–1943), ingeniero que había trabajado con Scherzer, y que después fundó Keller& Harrington, asesoró a Rotaeche y Ortiz al menos durante 1930 y 1931 y les suministró datos que les ayudaron a proyectar los dos puentes. Según afirma Keller, el puente Alfonso XIII de Sevilla se proyectó bajo su dirección. (AHDV). Keller llegó a venir a Bilbao, invitado por el Ayuntamiento (AMB).

El Pliego de Condiciones del Proyecto indica que las cajas de cimentación pueden ser «de palastro o de hormigón armado», y que sus planos serán ejecutados por el contratista. En la excavación dentro de la caja se prevé que al llegar a roca, esta se efectúe con «pistoletes neumáticos o quebrantadores», «y sólo en caso especialmente autorizado, débiles cargas de explosivos» (AHDV). El proyecto previó dos cajas cilíndricas en cada estribo, y la empresa contratista, a la que se invitaba en el concurso a presentar mejoras, propuso una única de 26x14 m. para cada estribo. La diseñó Eduardo Torroja (1899–1961), que entregó el plano el doce de marzo de 1932 (figura 6). Torroja describe en la Memoria que se construirán con rasilla como encofrado perdido. «Desde 1927 empleamos molde de rasilla», escribe. Se refiere, sin duda, al puente de Sevilla. Las cajas se construyeron en un dique seco de los Astilleros Euscalduna, a unos dos kilómetros ría abajo. Estos astilleros estaban atravesando un mal momento, habiendo despedido a mil obreros el año anterior (Ibáñez 2002, 109) y, ante la crisis, apostaban por la diversificación. Fabricaron también la parte móvil de acero de los puentes.

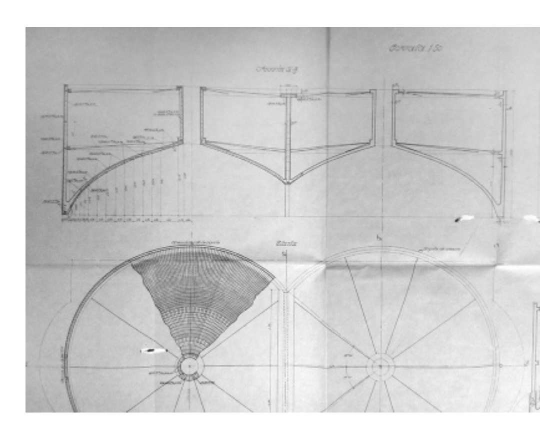


Figura 6
Sección del cajón de cimentación de Eduardo Torroja para el puente del Ayuntamiento. (AHDV, 3059/018)

Estas cajas de hormigón se pusieron en flotación y se trajeron remolcadas por la ría (figura 7). Sobre esta cimentación, una vez hincada y llena de hormi-

gón, se levantaron los estribos, de muro de hormigón armado con acabado de sillería en su cara externa, sillería utilizada como encofrado perdido.

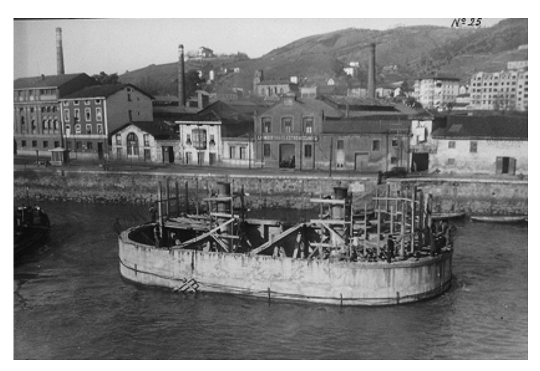


Figura 7
Remolcado del cajón de cimentación izquierdo del puente del Ayuntamiento. Año 1934. (AHDV, 3061/001)

Ignacio Rotaeche encargó calcular los viaductos de hormigón de los dos puentes a Alfredo Crespo, del FC Santander-Mediterráneo que, desde Burgos, fue enviando planos del armado de los dos puentes desde 1931 hasta 1934 (AHDV).

En cuanto a la parte móvil del puente del Ayuntamiento, con una luz total de 51,60 m., cada tablero tiene tres vigas principales de alma llena, con la intención de reducir el canto para el paso de gabarras y por razones estéticas. Unas vigas transversales soportan los «largueros» o viguetas de perfil laminado de acero a distancias de 67 cm, con unos durmientes sobre los que se apoya un entablonado creosotado de 16 cm. de espesor y un adoquinado a testa de madera creosotada de 10 cm. El entablonado y adoquinado de madera era lo que se había venido usando por motivos de ligereza en los puentes móviles en los EEUU hasta entonces, y era lo que también se había utilizado en el puente Alfonso XIII de Sevilla. En las aceras del puente, el entablonado era de 10 cm. de espesor, con luces de 1m.

Las tres vigas principales de alma llena tienen un cerrojo de acero moldeado en la clave, con una holgura de 3 mm en vertical y 4 mm en horizontal. El mecanismo de elevación consiste en una biela horizontal que se articula a la parte alta de la viga, biela dentada sobre la que actúa un engranaje que tracciona horizontalmente la biela levantando el puente. Esta disposición de mecanismo alto se adoptó en previsión de las riadas que pudieran inundar los cuartos de máquinas.

Se previó en proyecto una flecha en la clave del puente de 170 mm. (1/300 de la luz), de los que 81,5 mm eran debidos al peso propio, y el resto, a la sobrecarga. Se proyectaron las vigas principales con una contraflecha de 52 mm.

Rotaeche y Ortiz propusieron a Bastida un alzado del puente (figura 8) (AMB) que no fue llevado a la realidad.

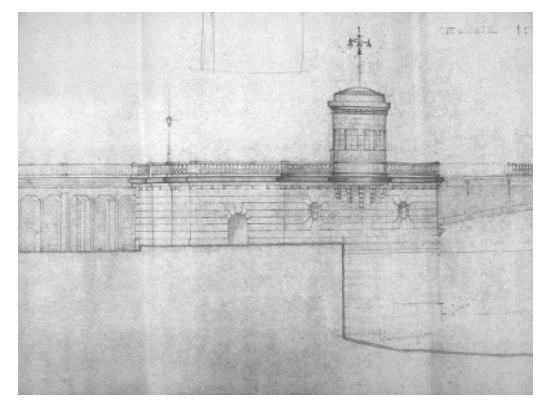


Figura 8
Alzado del puente del Ayuntamiento por Rotaeche y Ortiz. (AMB)

En abril de 1936, otra celebridad, el ingeniero Giovanni Rodio (1888–1957) proyectó un recalce de un muro existente en la calle Buenos Aires de acceso al puente, con pilotes «in situ» de hormigón armado ø42 cm atravesando la zapata corrida del muro cada 1,50m. (AHDV).

El puente de Deusto

Los sondeos se efectuaron a principios de 1929. Fueron muchos más que en el puente del Ayuntamiento, ya que la longitud total, incluidos los viaductos, se aproxima a los 500 m. Se efectuaron varias calicatas y nueve sondeos de extracción, a 90 m. de distancia entre sí en la orilla izquierda, 15 m. en las pilas y 50

m. en la orilla derecha. Se dedujo de ellos que la cayuela estaba a 15–18m.en el viaducto izquierdo, a 9 m en la pila izquierda, y a 1–3 m en la derecha.

El proyecto es de enero de 1930 (figura 9). Hay en el proyecto un alzado del puente visto desde aguas arriba, firmado por Rotaeche, Ortiz y Bastida el arquitecto, que se corresponde con el aspecto real del puente. El arquitecto municipal Ricardo Bastida (1878–1953) «realizó la labor artística y de decoración que en el proyecto figura» (AHDV), aunque no firmó los proyectos. Únicamente firmó el plano de alzado. Bastida hizo también los detalles de las barandillas de los dos puentes en marzo de 1934. Un periódico de la época dice: «El Sr. Bastida, que ha trabajado en la parte artística del proyecto, aunque por delicadeza no ha querido firmarlo» (AMB).



Figura 9
Puente de Deusto en la actualidad. (Fotografía del autor)

Se sacó a concurso y se presentaron las mismas tres empresas del puente del Ayuntamiento: La Maquinista Terrestre y Marítima (Barcelona), Babcock&Wilcox (Bilbao) y Sociedad Basconia (Bilbao). Aunque presentaba el presupuesto más alto de las tres, se adjudicó a esta última. Esto fue en 1932. La Sociedad Basconia se presentaba «con la garantía de la empresa alemana M.A.N.» (MaschinenfabrikAugsburg-Nürnberg). Colaboraba con Basconia en esta obra el ingeniero de caminos José Entrecanales Ibarra (1899–1990).

Las empresas contratistas tenían la posibilidad de proponer mejoras al proyecto en el concurso, y Basconia propuso un sistema muy ingenioso de elevación de los tableros patentado por M.A.N., consistente en una biela que partiendo de punto más alto del recorrido de un cigüeñal, arrastra hacia abajo al contrapeso del puente, levantando el tablero (figura 10). La velocidad inicial es así nula, y se va incrementando sin variar las revoluciones del motor eléctrico, variación muy difícil de conseguir con los motores de la época. Este mecanismo se puede ver hoy en día en los cuartos de máquinas de las dos orillas, abiertos a la vía pública y solo cerrados con una verja.

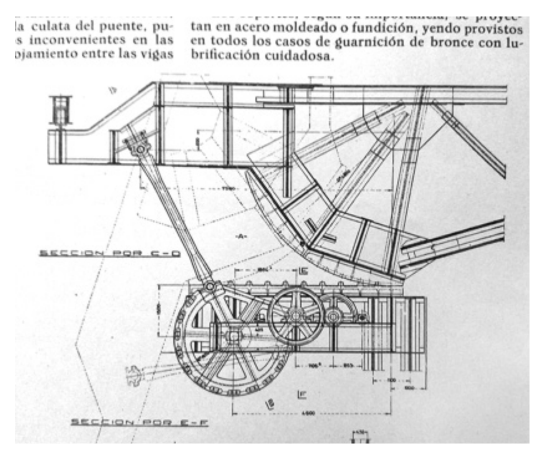


Figura 10
Mecanismo para la basculación del puente de Deusto por la empresa M.A.N. (Revista DYNA, agosto 1932)

La adjudicación tuvo lugar el tres de marzo de 1932. A la colocación de la primera piedra acudió Indalecio Prieto, entonces Ministro de Obras Públicas, ya que el puente estaba subvencionado por el Ministerio de Obras Públicas, además de por la Junta de Obras del Puerto. Las obras empezaron en abril. Se colocaron dos cajas de cimentación de planta circular en cada estribo. En el proyecto se asegura que la resultante de la carga que baja a la cimentación «entra dentro del tercio central de sustentación». La carga máxima prevista sobre el terreno es muy baja, de 0,42 kp/cm2., unas diez veces menor de lo que se suele cargar la cayuela.

La luz entre apoyos es de 50 m. Los tableros móviles constan de dos vigas principales de celosía, en

las que se apoyan unas vigas secundarias que soportan los «largueros», o viguetas de acero laminado, a distancias de 68 cm, sobre las que se extiende con durmientes de madera un entablonado de madera creosotada de 16 cm. de espesor y un adoquinado de madera a testa de 12 cm., clavado y asfaltado. El entablonado se calculó suponiendo una carga aislada de 13 T., para lo que resultaba una tensión de 90 kg/cm2, inferior a los 100 kg/cm2 que debía resistir la madera. Con estos valores de resistencia, el entablonado debería ser al menos de roble, aunque este extremo no se precisa en el proyecto.

Las vigas transversales se calcularon suponiendo una apisonadora de 20 T. y un «tren de apisonadoras Nº 1». Las vigas principales, con un tranvía de 24 T. y un «tren de camiones Nº2», con un aumento del 40% por impacto. Compusieron un polígono funicular para cada una de esas hipótesis de sobrecarga. Las características de los materiales en este proyecto de 1930 eran:

Acero laminado Martin Siemens (para estructuras):	
Límite aparente de elasticidad	25 kg/mm^2
Rotura	42–49 kg/mm^2
Alargamiento	25%
Coeficiente de trabajo	11 kg/mm^2
Para cortantes	8.8 kg/mm^2
Acero para remaches	8 kg/mm^2
Acero moldeado (para cremalleras y ruedas dentadas)	+_ 8–11 kg/mm^2
Acero forjado (para los piñones y ejes)	+_12,5 kg/mm^2
Nota: 1 kg/mm^2 equivale a 10 N/mm^2, o también 0,01 kp/cm^2	

Tabla 1

Los cálculos iban muy ajustados: 10,85 kg/mm2 en los largueros y 10,98 kg/mm2 en las vigas transversales, para un máximo de 11 kg/mm2. Esto es lógico, ya que se trata de la parte móvil del puente, y primaba la ligereza.

El contrapeso tiene una parte fija de «hormigón con restos de punzonado», con una densidad de 5 T/m3 y una parte móvil para ajustes finales, consistente en placas de fundición.

El cálculo de la flecha en la clave fue de 58mm. (1/860 de la luz), de los que 42 eran debidos al peso propio. Se proyectaron las vigas principales con una contraflecha de 101 mm.

Para calcular la fuerza necesaria para levantar cada tablero se tuvo en cuenta el viento (40 kp/m2, «ya que por encima es imposible la navegación fluvial»), la aceleración, y la resistencia a la rodadura en la tangencia de las vigas sobre el camino de rodadura. Este, y la viga en contacto, se aplastan al acercarse al límite elástico, haciendo que la resultante del apoyo se desvíe de la vertical del eje. El límite elástico es de 2500 kp/cm2, y el cálculo de la superficie aplastada se hizo con 2000 kp/cm2.

También se previó la posibilidad de levantar el tablero a mano, en caso de avería, por seis hombres aplicados a dos manivelas.

El puente tiene un viaducto de acceso de 300 m. en la orilla izquierda, de hormigón en el proyecto de 1930, con juntas de dilatación cada 49 m. y una junta longitudinal a lo largo de todo él, dividiendo en dos el ancho de 25 m.

Aunque el viaducto se proyectó de hormigón armado en toda su longitud, solo se hizo de hormigón en su parte más cercana al puente, y de acero en el resto, con vigas Gerber. Este cambio fue decidido por la empresa contratista. Otro cambio que propuso la empresa contratista –y que también se realizó– se refirió a la cimentación de todo este viaducto. En proyecto se preveía cimentar con pilotes de hinca prefabricados de hormigón, agrupados en encepados según las cargas. La empresa contratista cambió esta cimentación por un pilote único para cada pilar, de 1,65 o 1,80 m. de diámetro según los casos, «hincado por aire comprimido» (figura 11). Durante meses estuvieron los operarios cavando en más de sesenta cilindros de aire comprimido hasta la roca que estaba a 15–18 m. de profundidad.



Figura 11
Compuerta de entrada a uno de los pilotes de cimentación del viaducto del puente de Deusto. 1933. (AHDV)



Figura 12
Viaducto del puente de Deusto en la actualidad. (Fotografía del autor)

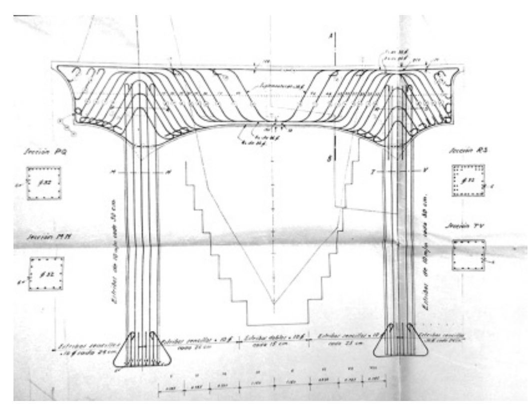


Figura 13
Armado del viaducto del puente de Deusto. 1933. (AHDV)

Precisamente en marzo de 1933 José Entrecanales escribió a Rotaeche quejándose de los aumentos de coste y bajos rendimientos, sobre todo en las cimentaciones del viaducto, afirmando que estaba perdiendo dinero durante ese año y el anterior. Manifiesta que va a hacer un viaje por sus otras obras en el resto de España, para ver si compensa las pérdidas. Entrecanales cayó enfermo dos meses más tarde (AHDV 3055/024).

Como se ha dicho, Ignacio Rotaeche encargó el cálculo de la estructura del viaducto de hormigón a Alfredo Crespo, del FC Santander-Mediterráneo (figura 12 y 13). Las vigas continuas de los viaductos se calcularon seguramente con el método de «masas elásticas», de Peña Boeuf, anterior al método de Cross, que data de 1930 (Heyman 2005, 56). El método de Cross no se publicó en EEUU hasta 1932, y en España se fue conociendo a lo largo de esa década y la siguiente, sobre todo gracias a Fernández Casado.

En los planos de armado del viaducto se ven cosas que serían inusuales ahora: Los estribos son ø9, las armaduras principales, de ø26, ø32, ø36, ø38 y ø40.

En el proyecto de 1930 se indica que en el Pliego Oficial vigente para obras públicas es más exigente para el «cemento Portland artificial» que el reglamento alemán para los mejores cementos. Se especifican 400 kg de cemento por m3 de hormigón, para una resistencia de 275 kg/cm2.Durante la obra se fueron haciendo ensayos de resistencia a compresión a los 28 días de probetas cúbicas de 20 cm. de hormi-

gón, llegando algunas a los 300 kp/cm2.

En el Pliego de Condiciones del proyecto modificado de 1932 se dice que el cemento Portland cumplirá el «Pliego General de Condiciones para la recepción de los aglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial R.O. 28/2/1930». Este modificado del proyecto se redacta «para cumplimentar las prescripciones impuestas por la Orden de 23 de julio de 1931». Dice la memoria: «No existiendo actualmente normas oficiales preceptivas sobre esta materia en las obras de hormigón armado… En diferentes países… generalmente refieren las cargas máximas de trabajo admisibles para el hormigón a la resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de cubos fabricados con el material que se emplea». Así, las instrucciones alemanas de 1930 indican: Para forjados, carga máxima de trabajo W28/3,5, no excediendo 60 kg/cm2. Para pórticos, etc.: W28/3, no excediendo 75 kg/cm2., y Ribera admite 50 kg/cm2 en forjados y 69 kg/cm2 «en piezas fundamentales». Este proyecto reformado de 1932 viene firmado por la empresa contratista C.A. Basconia.

Voladura y reconstrucción de los puentes

Una vez inaugurados, los dos puentes móviles tuvieron una vida muy breve, ya que, seis meses después de su inauguración, los ocho puentes existentes en Bilbao, fijos y móviles, fueron dinamitados por el bando republicano en su retirada el 18 de junio de 1937 (Muñoz-Rojas 2016, 34) al avanzar sobre Bilbao las tropas sublevadas. La reconstrucción de los puentes móviles tardó algo más que la de los fijos, que se efectuó en aproximadamente un año (Cárcamo 2015, 83). El puente de Deusto se reinauguró el 25/10/1939, con el nombre de General Mola, por el alcalde José Mª Oriol Urquijo y el Ministro de Obras Públicas Alfonso Peña Boeuf (figura 14), el ingeniero de Caminos autor de *Mecánica Elástica* (1925) y del método de «masa elástica» para resolver estructuras hiperestáticas. El Puente del Ayuntamiento se reinauguró el 19/6/1941, con el nombre de Generalísimo, por el alcalde Tomás Pero-Sanz Zorrilla y el Ministro Peña Boeuf.

En la construcción y reconstrucción de los dos puentes móviles se utilizó una gigantesca grúa flotante de la Junta de Obras del Puerto de Bilbao, para cargas de hasta 100 T, construida a principios del siglo XX por la Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona, y que parece que estuvo en uso en el puerto de Bilbao hasta los años 1980.



Figura 14
Reinauguración del puente de Deusto en 1939. (AMB)

Después de varios cambios, el estudio de Ignacio Rotaeche, mi abuelo paterno, se situó en 1935 definitivamente en Alameda Recalde 44 (figura 15). Esta fue la sede de la Dirección Facultativa de los puentes del Ayuntamiento y de Deusto. Para la reconstrucción de los ocho puentes de Bilbao después de la guerra civil se utilizó esta misma oficina, estando Rotaeche exilado en Venezuela. Cuando los puentes se reconstruyeron e iba a cerrarse la oficina. El ingeniero René Petit, uno de los autores de la reconstrucción del puente del Arenal (Cárcamo 2015, 72), amigo de la familia, envió a esta la documentación



Figura 15
Ignacio Rotaeche en su estudio de Alameda Recalde 44. (Fotografía de la familia)

profesional de Ignacio Rotaeche. Esta documentación fue depositada en 2015 en el Archivo Histórico de la Diputación y en el Archivo del Ayuntamiento, y es la que en gran parte ha permitido redactar esta ponencia. Por esto, agradezco aquí la esmerada atención recibida por Begoña Domenech y Julian Eróstegui del AHDV, y de Almudena Toribio e Icíar Goicoleadel AMB. Su ayuda ha sido fundamental para la redacción de esta ponencia. Solo espero haber estado a su altura.

Lista de referencias

AHDV. Archivo Histórico de la Diputación Foral de Vizcaya.

AMB. Archivo Municipal de Bilbao.

Bachmann, Hugo et al. 1995: *Vibration Problems in Structures. Practical guidelines*. Basilea: Birkhäuser Verlag.

Cárcamo Martínez, Joaquín 2015: *Los técnicos en la reconstrucción de los puentes fijos de Bilbao, 1937–1939,* en *Caer y levantarse, la reconstrucción del patrimonio después de una guerra*. Guernica: Fundación Museo de la Paz de Guernica.

Cárcamo Martínez, Joaquín 2016: *Patrimonio del hierro en Vizcaya: el legado de la industrialización en la arquitectura y la ingeniería,* en Historia del hierro en Vizcaya y su entorno, Universidad del País Vasco.

Cava Mesa, Mª Jesús 2002: *Ignacio Rotaeche Velasco (1888–1951) y los puentes móviles de Bilbao*. Revista BILBAO, marzo 2002: Ayuntamiento de Bilbao.

Cava Mesa, Mª Jesús 2004: *Tres técnicos para el «Puente de Begoña, de Buenos Aires, o del Ayuntamiento»*. Revista BILBAO, febrero de 2004: Ayuntamiento de Bilbao.

Cava Mesa, Mª Jesús 2008: *Construcción y destrucción del Puente de Deusto.* Revista BILBAO, diciembre de 2008. Enero 2009 y marzo 2009: Ayuntamiento de Bilbao.

Cleary, Richard L. 2007: *Bridges*. Nueva York: W. W. Norton & Company Ltd.

Díaz Pavón Cuaresma, Eduardo 2016. *El hundimiento del tercer depósito del Canal de Isabel II en 1905*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Gondra, Fernando 1932: *El nuevo puente móvil de Deusto (Bilbao) sobre el río Nervión*. Revista DYNA nº80, Agosto 1932.

González Tascón, Ignacio 2008: *Ingeniería civil en España.* Madrid: Beatriz Presmanes Arizmendi y Beatriz González Presmanes.

Granier, Jean 1949: *Les phénomènes vibratoires*. Paris: Presses Universitaires de France.

Heyman, Jacques 2015. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica. Volumen II*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ibáñez, Maite, Mª José Torrecilla y Marta Zabala 1997: *Patrimonio industrial del País Vasco*. Bilbao: Administración de la C.A. del País Vasco.

Ibáñez, Maite, Mª José Torrecilla y Marta Zabala 1997: *Patrimonio Industrial de Vizcaya. 4 El puente de Deusto*. Bilbao: Diputación Foral de Vizcaya.

Ibáñez, Maite, José Luis Ibarra y Marta Zabala 2002: *Del Astillero Euskalduna al Palacio de Congresos y* de *la Música*. Bilbao: Diputación Foral de Vizcaya.

Muñoz-Rojas, Olivia 2016: *Bilbao y la (re)construcción de sus puentes en la Guerra Civil,* en *Caer y levantarse, la reconstrucción del patrimonio después de una guerra*. Guernica: Fundación Museo de la Paz de Guernica.

Mecanismos de construcción de los falsos techos de hormigón armado de principios del siglo XX. La resolución de una incógnita

Maialen Sagarna
Iñigo Lizundia
Eneko Jokin Uranga
Juan Pedro Otaduy

No es fácil datar la utilización del hormigón como material de construcción, pero se conoce que los griegos utilizaron conglomerantes similares hace más de 2.500 años (Choisy, 1999).

Desde estos primeros conglomerantes, el material irá evolucionando en siglos posteriores utilizando mezclas similares al hormigón en masa. Pero no será hasta mediados del siglo XIX cuando los ingenieros se dan cuenta de la necesidad de armar este hormigón (Collins, 2004). El hormigón en masa presenta una resistencia elevada a compresión pero necesita de las barras de acero para hacer frente a los esfuerzos de tracción. Por tanto, la combinación de los dos materiales hará que el nuevo material mejore las características resistentes de los materiales como la piedra, el acero y la madera que se habían utilizado hasta entonces. Sin embargo la utilización masiva no llegaría a Europa hasta mediados del siglo XIX. Este impulso en el uso del material se debe a la producción industrial del cemento artificial, más conocido como cemento Portland. Fue William Aspdin quien patento el cemento Portland moderno en 1844 (Palomar, 2003). Desde mediados del siglo XIX comienzan a difundirse por toda Europa las patentes de sistemas de hormigón armado, como las de Hennebique, Monier o Coignet que coparán un porcentaje alto de las construcciones con este material a nivel mundial. (Simmonet, 2004). En edificación el elemento más utilizado será la losa con nervaduras de hormigón armado. Existirán muchas patentes para construir este sistema: Hennebique, Monier, Cottancin, etc. Pero en la misma época se irán registrando otras patentes derivadas de éstas que incluirán un falso techo de hormigón armado. En algún caso el objetivo será el de generar «pisos dobles con corriente de aire». (Blanc, 1902)

Se han detectado este tipo de falsos techos de hormigón armado en la rehabilitación de la Alhóndiga de Bilbao [1909, arquitecto: Ricardo Bastida] (Marcos, 2014), en las Galerías de Punta Begoña en Getxo [1919, arquitecto: Ricardo Bastida] y en el edificios de Materias Inflamables en la calle Sabino Arana, en Bilbao [1922, arquitectos: Alfonso Gil y Pedro Ispizua]. En ambos casos surge el interrogante de cómo fueron ejecutados ya que en ninguno de los casos ha aparecido ningún encofrado perdido en el interior entre las dos losas.

Metodología

Para intentar esclarecer esta incógnita se han analizado y comparado dos patentes; la patente nº 12365 registrada en Austria por François Hennebique en junio de 1903 que propone varias opciones y la patente nº 29416 registrada en España por Joseph Blanc en marzo de 1902.

Patente nº 12365 François Hennebique [1903]

François Hennebique fue uno de los pioneros en la utilización del hormigón armado y a finales del siglo XIX



Figura 1
Galerías de Punta Begoña, Getxo. Arquitecto: Ricardo Bastida, 1919. Fuente: Fotografía propia de la autora.

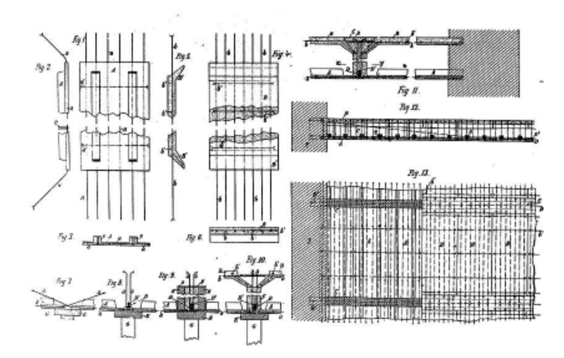


Figura 2
Descripción gráfica de la patente nº 12365 registrada por François Hennebique en 1903 en Austria

fundo una empresa para la explotación de sus sistemas de hormigón armado. Gracias a su estrategia de propaganda tuvo una expansión espectacular de sus patentes por todo el mundo. La patente de este ingeniero y constructor francés que se analiza en esta investigación fue registrada en la Oficina Real Austriaca de Patentes en julio de 1903 con el título «Verfahren zur Herstellung von Decken bezw. FuBböden aus armiertem Beton» [Proceso para la fabricación de cubiertas. Pisos de hormigón armado]. En realidad esta patente se había registrado por vez primera en Francia en 1897 con el número 265,135. Según la descripción de la patente, su objetivo principal era facilitar la construcción y puesta en marcha de estas estructuras utilizando para ello losas ligeras prefabricadas, las cuales eran fácilmente manejables y transportables. Esto agilizaba el proceso constructivo que a su vez era más económico.

En la memoria descriptiva de esta patente se establece el proceso de construcción de un piso doble

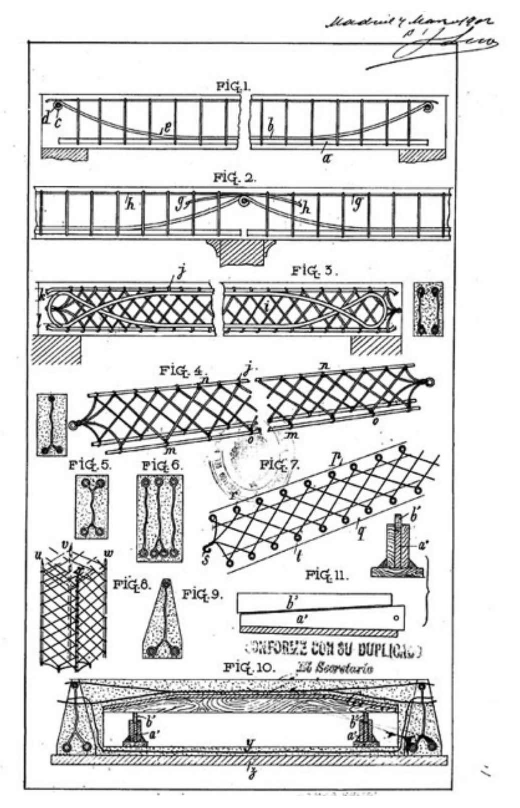
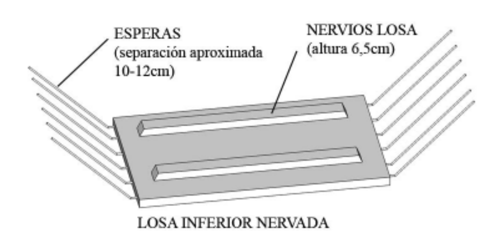


Figura 3
Descripción gráfica de la patente nº29365 registrada por Joseph Blanc en 1902 en España

ejecutado con hormigón armado. Tanto la losa superior como el falso techo inferior se moldean en taller. En el caso del falso techo inferior, se trata de una losa nervada de hormigón armado de un espesor aproximado de 3cm, con unas esperas inclinadas a ambos lados. La nervadura de esta losa prefabricada lleva de refuerzo unas horquillas de montaje. La losa superior tiene una geometría abovedada, con armado bidireccional y esperas en la zona horizontal superior.

Las piezas que conforman el falso techo inferior se colocan sobre un encofrado sencillo compuesto por puntales y sopandas de madera. Entre estas piezas se deja el espacio requerido en cada caso para conformar la base de la vigueta. En el mismo espacio se alojan dos barras longitudinales de acero que trabajan a tracción. A su vez, se pliegan las esperas de la



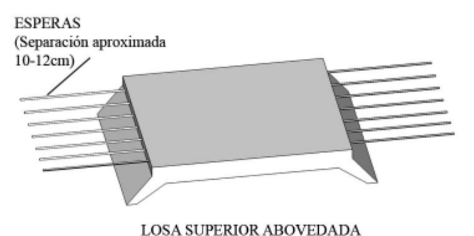


Figura 4
Representación tridimensional de las losas prefabricadas inferior y superior de la patente de Fraiçois Hennebique

losa inferior a la posición vertical. Las dos barras que conformarán el nervio entre placas se reciben con mortero.

Sobre las losas que conforman el falso techo se coloca un encofrado formado por dos tablas laterales

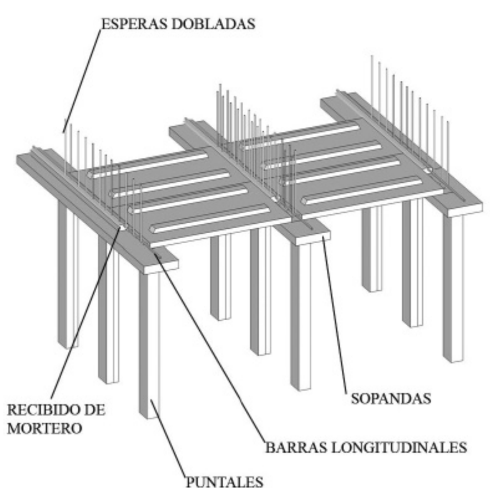


Figura 5
Representación tridimensional de la primera fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Colocación de las barras longitudinales de la base de la vigueta y plegado de las esperas de la losa inferior.

para poder ejecutar la base del nervio de la losa. Este nervio puede ser variable con lo que, dependiendo del canto de vigueta necesario se regulará la altura del vacío. Se hace el vertido del hormigón para ejecutar la base del nervio. Tras el fraguado de la misma, sobre esta base se apoyan las «patas» de las losas abovedadas superiores prefabricadas. Esta disposición hace que se genere el hueco que ocupará la cabeza de cada nervio o vigueta.

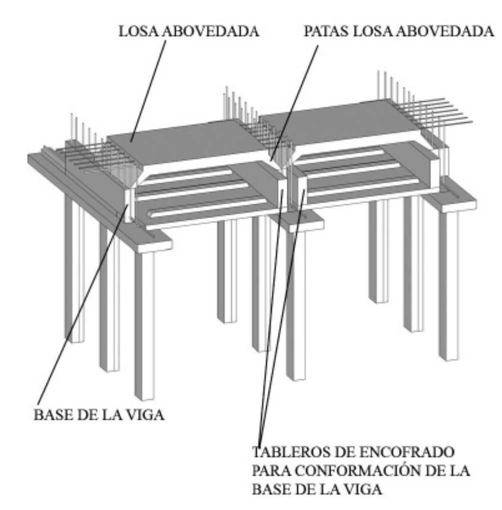


Figura 6
Representación tridimensional de la segunda fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Ejecución de la base de las viguetas y apoyo de la losa superior prefabricada.

Es en esta zona donde se cruzan las esperas del falso techo inferior y la losa abovedada superior. Hormigonando este hueco en forma de «V», se unen las dos piezas prefabricadas y se completa la ejecución del nervio o vigueta en su parte superior, generando una estructura monolítica y rígida.

Se añade en la misma patente una variable al proceso descrito. En este caso, para eliminar el encofrado para ejecutar la base del nervio o la vigueta, el falso techo moldeado en taller viene con unas patillas verticales sobre las que se apoyan las «patas» de la losa abovedada.

La patente describe alguna ventaja de este proceso indicando que la losa superior permite incorporar pa-

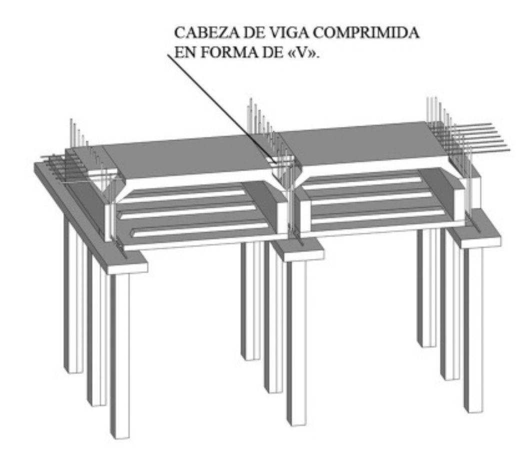


Figura 7
Representación tridimensional de la tercera fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Ejecución de la cabeza de las viguetas en forma de «V».

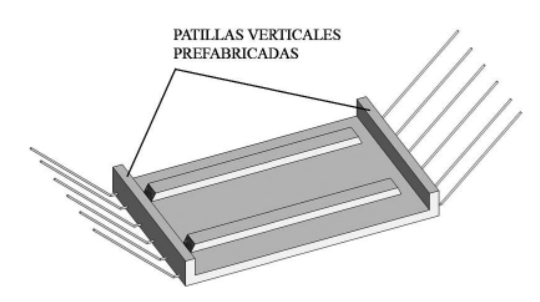


Figura 8
Representación tridimensional de la segunda variante de la patente de François Hennebique. Losa inferior de falso techo prefabricada, ejecutada con patillas verticales.

vimentos de mosaico fácilmente, incluso que la superficie superior se pueda pulir y se le puedan añadir diversos efectos decorativos. (Hennebique, 1903)

Patente nº 29416 Joseph Blanc [1902]

Joseph Blanc, anteriormente colaborador de Hennebique, se convertirá a principios del siglo XX en el directo de la Compañía Anónima del Hormigón Armado de Sestao-Bilbao. Dos de sus patentes más utilizadas son el Metal Deploye y el Poute Dalle. Esta última con número de registro 28633 se patentó en marzo de 1902 bajo el título «Un nuevo procedimiento o sistema de construcción de cemento armado denominado Poutre-Dalle». La patente de invención analizada es una adición a ésta y se presentó 3 meses más tarde en la Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio con el fin de introducir algunas mejoras a la primera. Es en esta adición donde se describe la ejecución de un piso doble con corriente de aire. La memoria descriptiva de la patente subrayaba la estrecha unión que se conseguía entre las vigas y las losas mediante la ligadura mediante alambres; de ahí el nombre del sistema [viga-forjado]. Las vigas de este sistema tenían un armado que, aunque fuera de forma intuitiva, seguían la lógica de los momentos flectores y los armados principales se ataban mediante un tejido de alambres. El forjado doble que se describa en esta patente presenta una losa nervada con un falso techo de hormigón armado. Este cuelga de los nervios del sistema. El proceso constructivo tiene una parte de prefabricación[1]. Las viguetas moldeadas de antemano tienen una geometría triangular con un armado entrelazado con alambres en forma de zigzag. Para realizar este tejido trenzado se emplean alambres redondos de 5 a 8mm de diámetro.

Tras disponer el encofrado correspondiente, se colocan estas viguetas en su sitio y se rompen las cabezas para dejar el armado superior visto y poder así enlazar el alambre de espera que tiene embebido el

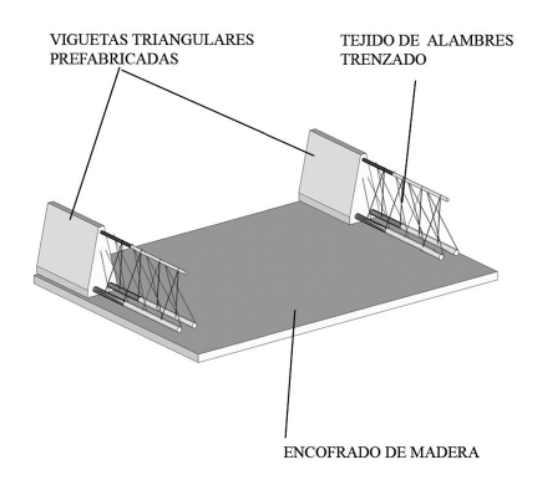


Figura 9
Representación tridimensional de la primera fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Colocación de las vigas triangulares prefabricadas.

falso techo ejecutado in situ [el espesor aproximado del falso techo es de 3cm].

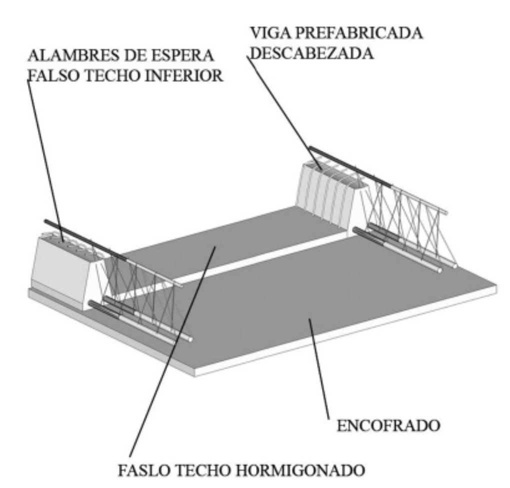


Figura 10
Representación tridimensional de la segunda fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Rotura de las cabezas de las vigas triangulares prefabricadas y ejecución in situ de la falso techo inferior.

Para poder ejecutar la «piedra hueca» que forma llave entre las viguetas, se establece un singular sistema de encofrado compuesto por tableros, cimbras y cuñas deslizantes que requiere un proceso de montaje y desmontaje ordenado. Para moldear la losa superior se coloca una cimbra que se sostiene por dos piezas especiales por los que se deslizan dos cuñas superpuestas. Este sistema permite graduar la altura del vacío entre la losa superior y el falso techo de hormigón armado.

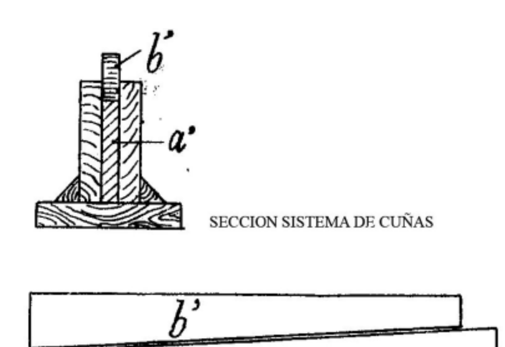


Figura 11
Sistema de cuñas deslizantes para la sujeción de la cimbra. Patente de Joseph Blanc.

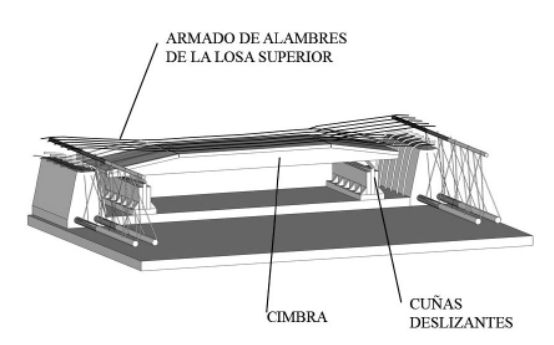


Figura 12
Representación tridimensional de la tercera fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Colocación de cuñas deslizantes y cimbras. Colocación del armado de la losa superior.

Sobre la cimbra se colocan los hierros de la losa superior que ascienden y se entrelazan con el armado superior de las viguetas prefabricadas y con las esperas que llegan desde el falso techo. Se hace el vertido del hormigón para conformar la losa superior [aproximadamente 5cm] y se enlazan todos los hierros en la zona comprimida de las viguetas. Una vez

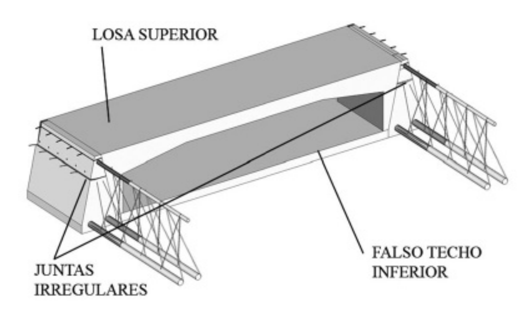


Figura 13
Representación tridimensional de la cuarta fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Hormigonado de la losa superior.

que el hormigón esta endurecido se tirar del orificio de una de las cuñas deslizantes, se afloja el sistema de la cimbra, y se desarma para recuperarla y utilizarla en el siguiente tramo.

En este caso, en algún punto del vacío generado entre las dos losas debería aparecer algún encofrado o cimbra ya que, según se van cerrando los forjados, estos sistemas de madera no son recuperables. Sin embargo en la rehabilitación de algunos de los edificios en los que se ha utilizado esta patente no se ha encontrado ninguno de estos elementos. A su vez, se han identificado en algunas zonas de los forjados pequeños «montones» de grava.



Figura 14
Fotografía tomada en la rehabilitación de los forjados de la Alhóndiga de Bilbao. Montón de grava sobre losa inferior. Fuente: Iñaki Marcos.

Esto puede tener su justificación: Para poder recuperar las cimbras allí donde se va cerrando el forjado, la ejecución se modifica. En la primera fase de ejecución del falso techo de hormigón se coloca el armado de la losa inferior, se deja un montón de grava sobre el encofrado y se hace el vertido de hormigón. Las siguientes fases se ejecutan de la misma manera. Tras el fraguado de esta zona del forjado, se retira el encofrado inferior. Con la eliminación de las tablas horizontales, parte del montón de grava cae dejando un agujero que permite sacar los elementos que conforman el encofrado y la cimbra para ejecutar la losa superior. Para poder rellenar el hueco que ha dejado el montón de grava en el falso techo inferior se vuelve a encofrar con un tablero horizontal la zona a hormigonar y desde un pequeño orificio que se abre en la losa superior, se hace el vertido para completar el agujero que se ha utilizado para recuperar el encofrado. Con el pavimento que se coloca sobre la losa superior se tapa el agujero.

Resultados

Tras el estudio de ambas patentes se puede concluir que de las tres variantes estudiadas, una de Joseph Blanc y dos de la misma patente de François Hennebique, aun siendo todas de la misma época, presentan procesos muy diferentes. Por un lado los objetivos indicados son diferentes. En la patente de Hennebique se indica que el objetivo principal es facilitar la construcción y puesta en marcha de estas estructuras utilizando para ello losas ligeras prefabricadas, las cuales eran fácilmente manejables y transportables. En cambio, en la patente de Blanc el fin de este sistema es generar pisos dobles con corriente de aire. Por otra parte, cada proceso tiene sus inconvenientes y sus ventajas.

En las dos patentes analizadas existen fases de prefabricación. En el caso de la patente de François Hennebique, las partes prefabricadas son la losa que conforma el falso techo inferior y la losa abovedada superior. En este caso, lo que se ejecuta in situ es el nervio o la vigueta. En la primera variante presentada en la memoria, es necesario disponer de un mínimo encofrado para generar la base de la vigueta. Esto implica un mayor nivel de sofisticación en el proceso de diseño de las losas prefabricadas que en la patente de Joseph Blanc, pero a su vez, disminuye el proceso de ejecución in situ. Con las mismas losas prefabricadas se pueden hacer viguetas de diversas alturas. La segunda variante presentada en la misma patente, incluso elimina la necesidad de introducir el encofrado para realizar la base de la vigueta. Para ello, introduce unas patillas en la losa que conforma el falso techo inferior. Las losas abovedadas se apoyarán directamente sobre estas patillas. Sin embargo, esto implica que tanto las patillas del falso techo inferior como las «patas» de la losa abovedada deben diseñarse y ejecutarse en el proceso de prefabricación para que el vacio que se deje entre las dos losas sea la deseada, ya que son éstas las que hacen de enco-

frado perdido para conformar las paredes del nervio y por tanto definir su altura.

En cualquier caso, tras estudiar la patente se aprecia que no existen encofrados perdidos en el proceso de construcción de estos forjados, ya que todos los elementos que conforman el encofrado se recuperarlas antes de que se cierre el hueco que se genera entre las dos losas.

En el caso de la patente de Joseph Blanc, se prefabrican los nervios y se ejecutan in situ el falso techo inferior y la losa superior. Esto implica que para la ejecución de estas losas se tenga que disponer de un sistema de encofrados y cimbras muy complejo y además que éste deba ser recuperable. La complejidad del proceso de ejecución in situ del forjado doble es mayor en este caso. Por otra parte, se deben romper las cabezas de las vigas prefabricadas para unir los armados de éstas con los armados de ambas losas. Esto conlleva que el sistema constructivo en su conjunto tenga juntas irregulares. A su vez, la altura del hueco entre el falso techo y la losa superior viene definida por la altura de la nervadura o vigueta prefabricada, por lo que para cada tipo de forjado se tendrá que diseñar y prefabricar una vigueta específica. A su vez, parece que el procedimiento de recuperación del encofrado y la cimbra es algo improvisado, ya que no se detalla en la memoria de la patente. Se concluye por tanto que tiene menor grado de prefabricación pero esto conlleva un sistema de encofrado y cimbra complejo y un nivel de sofisticación del sistema menor.

Conclusiones

Como conclusión se puede deducir que, por el mínimo encofrado que requiere en su ejecución in situ, por el grado de prefabricación de las losas y por las posibilidades que ofrece el sistema para ejecutar nervios de diversas alturas, el sistema que más posibilidades ofrece es la primera variante que presenta Hennebique en su patente. Gracias a la estandarización de ambas losas y la mínima mano de obra que se debe ejecutar in situ hace que sea el sistema más versátil. En cuanto al sistema en su conjunto se puede deducir que se trata un precedente de los forjados de viguetas y bovedillas que aligeran los sistemas de losas macizas que se estaban utilizando en esta época.

Notas

1. «… se moldean de antemano las vigas en taller, dándole una sección triangular, una vez colocadas en su sitio no hay más sino que darles refuerzo, metiendo unos hierros transversales en la armadura y dándole la posición indicada….». (Blanc, 1902).

Lista de referencias

Blanc, J. (1902): *Patente de invención nº 29416*. Madrid. Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas. Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio.

Blanc, J. (1902): Construcciones de hormigón armado. Sistema la Poutre Dalle (I) y (II). En *Revista de Obras Públicas*, 50 (Tomo II): 597–600–615.

Burgos, A. (2009): *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid. Ministerio de Fomento, CEDEX–CEHOPU.

Choisy, A. 1999. *El arte de construir en Roma*. Editado por S. Huerta y J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Collins, P. (2004): *Concrete, the vision of a new architecture*. 2nd ed. Canada. McGill-Queen's University Press.

Hennebique, F. (1903): *Verfahren zur Herstellung von Decken bezw. FuBböden aus armiertem Beton. Zur de Patentschrift Nr 12365*. Oficina Real Austriaca de Patentes.

Marcos, I. (2014): *Constructional features of pre-normative structures of reinforced concrete. Learning and study methodology aimed at rehabilitation*. Bilbao. Unpublished doctoral dissertation.

Marcos, I., San José, J.T., Cuadrado, J., Larrinaga, P. (2014). Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao. En *Informes de la Construcción*, 66(534): e024, doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.032.

Palomar, P. (2004): *La historia más que centenaria de un importante sector: la industria del cemento*. Barcelona. VCA editors.

Simonnet, C. (2005): *Le béton. Histoire d'un materiau*. Paris. Parenthèses.

Evolución de las técnicas constructivas en el Palacio de Carlos V de Granada: los lunetos de los zaguanes occidental y meridional

Macarena Salcedo Galera

La gran variedad de lunetos ejecutados en el palacio de Carlos V de Granada se presenta como un caso singular en la historia de la cantería renacentista española, principalmente por los diferentes sistemas geométricos abordados en su ejecución, dando lugar a un amplio abanico de soluciones constructivas. Desde los lunetos apuntados de la cripta construidos por Machuca en 1538, hasta los lunetos apuntados y capialzados del zaguán meridional ejecutados por Potes entre 1619 y 1644, pasando por los lunetos cilíndricos de Minjares en el zaguán occidental de 1592, se nos presenta una gran diversidad de trazados y formas de abordar un mismo problema constructivo. La evolución de las distintas soluciones adoptadas resulta aún más llamativa si comparamos los lunetos construidos en el palacio con los trazados propuestos en los tratados de cantería renacentista, así como las soluciones ejecutadas en obras contemporáneas, como por ejemplo, en el Monasterio de El Escorial.

El objetivo de este trabajo es analizar la evolución de los procesos geométricos y constructivos seguidos en cada caso para una pieza tan singular, donde la intersección de superficies se convierte en un problema estereotómico difícil de solventar. Los lunetos de la cripta, cuyo trazado es muy singular, han sido objeto de un estudio específico en un congreso anterior, por lo que el análisis constructivo se centrará en los lunetos de los zaguanes occidental y meridional, que corresponden a las dos soluciones básicas contenidas en la tratadística. La intención de este estudio es, por tanto, abordar el análisis de las distintas soluciones a partir de un levantamiento riguroso llevado a cabo mediante fotogrametría multimagen; así como un estudio constructivo basado en la revisión de los tratados, y la comparación de las distintas soluciones ejecutadas en el palacio, así como la relación de éstas con la práctica constructiva del siglo XVI.

Los zaguanes abovedados del palacio de Carlos V

Pese a las ya conocidas discusiones sobre el diseño del palacio, el proyecto consistió desde sus inicios en 1527 en una villa simétricamente centrada con cuatro zaguanes en cada uno de los puntos cardinales (Rosenthal 1988, 46) (figura 1). El zaguán de ala oeste es el más grande de ellos y, probablemente, el de mayor relevancia, puesto que frente a él se proyectaría una gran plaza que daría acceso al edificio. Pese a que en un principio fue proyectado por Machuca, no sería hasta la última década del siglo XVI cuando sería ejecutado por Minjares y de la Vega. Juan de Minjares es contratado en 1583 para suceder a Juan de Orea al frente de las obras del palacio de Carlos V tres años después de su muerte. Minjares contaba por aquella época con una gran experiencia y excelente reputación, puesto que siendo discípulo de Juan de Herrera, había colaborado con él en Aranjuez, en El Escorial y en Sevilla, donde también fue asesor de las obras de la catedral. Como aparejador y persona de confianza de Minjares, se contrató a Juan de la

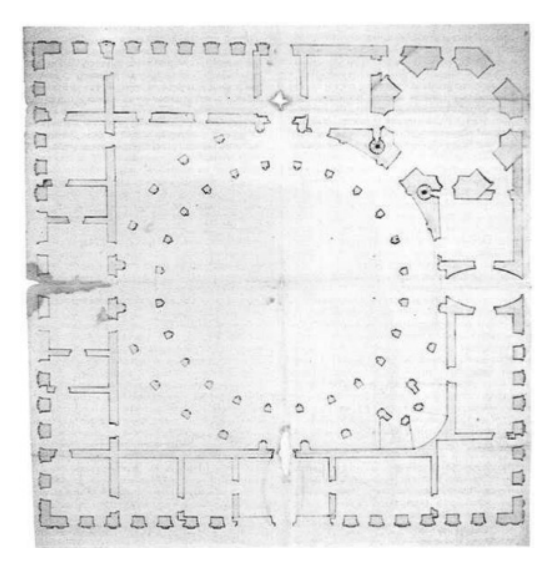


Figura 1
Planta del palacio de Carlos V. Archivo de Historia Nacional



Figura 2
Bóveda del zaguán occidental.

Vega, quien llevaba ocho años trabajando como cantero en las obras de la Alhambra (Rosenthal 1988). A estas alturas todos los muros del palacio estaban ya construidos, así como la portada sur y la galería circular del patio, a falta de rematar la portada occidental y revestir y cubrir los zaguanes y estancias del edificio.

Gracias a la documentación conservada sabemos que entre 1592 y 1594 se encargaron los sillares de piedra y las cimbras de madera para la bóveda (Rosenthal 1988, 143). En cuanto a la materialización de la misma, no podemos conocer las intenciones de Pedro Machuca con respecto a su geometría y su sistema constructivo. Lo único que sabemos de las intenciones de Machuca es la forma de su planta, que es un tercio más ancho que profundo. Probablemente su geometría actual es la misma que en el proyecto inicial de 1527, que como ya hemos dicho, incluía la planta central, simétrica y con los cuatro zaguanes (figura 2).

Por otra parte, en el zaguán sur se construye otra bóveda posterior y similar a la del zaguán occidental. En realidad, la construcción del zaguán meridional fue una de las fases más polémicas del palacio, debido al continuo cambio en la dirección de las obras, así como las diferencias entre las directrices de Machuca, de Herrera y de los posteriores arquitectos al frente de los trabajos. Tras la muerte de Minjares, Juan de la Vega le sucede en 1599 de forma no oficial, cumpliendo las funciones del maestro mayor, pero sin ser nombrado oficialmente. En 1612, tras la repentina muerte de éste, Pedro de Velasco es nombrado arquitecto al frente de las obras. Ya desde 1613, Velasco tenía dispuestas las condiciones para la construcción de la bóveda del zaguán del ala sur, contratando la piedra arenisca para el entablamento y los lunetos de los testeros. Velasco no llegó a terminar la bóveda, al morir en 1619, y fue continuada por su ayudante, Juan de Landeras. Sin embargo, el nombramiento de un arquitecto vallisoletano, Francisco de Potes, propició un retraso en su ejecución, puesto que la elección no gustó en el entorno de los funcionarios de la Alhambra. La bóveda, de dimensiones



Figura 3
Bóveda del zaguán meridional.

más pequeñas que la del zaguán occidental, sigue el esquema geométrico de ésta a pesar de las modificaciones que, según la documentación analizada por Rosenthal, incluyó Potes (figura 3).

El perfil rebajado de las bóvedas nos ofrece más información al respecto. Si bien es cierto que en el palacio ya se habían construido perfiles rebajados con anterioridad (Salcedo y Calvo 2015), este tipo de bóveda cilíndrica, perfil rebajado y lunetos es muy característica de Juan de Herrera, quien la había empleado por primera vez en El Escorial para el refectorio y el nártex de la Iglesia, así como en el abovedado de salas y pasajes. Por tanto es muy probable que la bóveda del zaguán oeste fuera una aportación de Minjares según las directrices de Juan de Herrera. Por último, encontramos en el sótano del palacio una bóveda de características similares construida con anterioridad a ambas. Hablamos de la bóveda que cubre la pequeña sala junto a la cripta octogonal, contemporánea de ésta y ejecutada igualmente por Machuca. Si bien, esta bóveda presenta perfil rebajado y lunetos como la del zaguán occidental, su ejecución es mucho más sencilla al tratarse de un espacio de poca entidad, y los lunetos son geométricamente más simples. Por tanto, las bóvedas de los zaguanes principales del palacio serían una reinterpretación de los primeros tanteos de Machuca a la luz de la experiencia escurialense (figura 4).

Al hablar de los antecedentes constructivos, así como de los tratados teóricos relativos a este tipo de bóvedas, es preciso tener en cuenta varias cuestiones. No solo debemos abordar la cuestión de los lunetos abiertos en las bóvedas, sino que conviene igualmente prestar atención al perfil rebajado de las mismas, puesto que como bien es sabido (Salcedo y Calvo 2015), no son las únicas ni las primeras bóvedas rebajas de lunetos que encontramos en el palacio de Carlos V. La cripta bajo la capilla del palacio se cubre con una gran bóveda octogonal rebajada en la que se abren sendos lunetos apuntados, ejecutados de forma similar a los lunetos apuntados de la pequeña sala junto a la cripta. A pesar de que tradicionalmente se ha asumido el luneto apuntado como el luneto característico del renacimiento español, ya en el siglo XVI encontramos en la Península diversos ejemplares de lunetos cilíndricos o amplios, como ocurre en la cripta (1560) y la sacristía (1579) de catedral de Jaén, el Hospital de Santiago en Úbeda (1562–1569) y el caso que nos ocupa, el zaguán occidental del palacio de Carlos V. Poco antes de este último caso, se construyeron en el monasterio de El Escorial lunetos cilíndricos en los sótanos del convento, bajo el zaguán de entrada, en el tránsito entre la iglesia y el zaguán de la sacristía y en una de las dos bóvedas de la bodega bajo la cocina del colegio entre 1577 y 1581. Además, fue muy frecuente en la península la construcción de lunetos apuntados y capialzados, en los que el arco apuntado generado en el hueco es sustituido por un arco de medio punto, más acorde con las formas clásicas, de manera que la clave del hueco abierto estará más baja que el vértice del luneto, generando un rampante apreciable en la bóveda secundaria. Esta solución fue igualmente planteada en la construcción del Monasterio de El Escorial, si bien presenta problemas de continuidad entre las hiladas del luneto y la bóveda, por lo que normalmente hay que elegir la regularidad del trazado en uno de los dos elementos.



Figura 4
Bóveda de la sala junto a la cripta.

La diferencia entre lunetos apuntados y cilíndricos es puramente geométrica y radica concretamente en su generación; mientras que los lunetos apuntados se generan por la intersección de la bóveda cilíndrica con dos planos verticales, los lunetos amplios consisten en la intersección de cilindros, lo cual da lugar a una curva compleja, alabeada y de cuarto grado (Calvo 2000) (figura 5). Durante el siglo XVI estas piezas, junto con los arcos abiertos en taludes, reciben el nombre genérico de «Arco avanzado»; concretamente «Arco avanzado en cercha» según Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 23r) y «Arco avanzado en bóveda» para Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 49). Sin embargo, por influencia francesa, esta figura se



Figura 5
Luneto apuntado, luneto apuntado capialzado y luneto cilíndrico.

conoce desde el siglo XVIII como «luneto» (Rovira y Rabasa 1897, 84–85).

Ginés Martínez de Aranda muestra en sus *Cerramientos y trazas de montea* solución del «Arco avanzado» en la que los ejes de cañón y luneto se cortan en ángulo recto (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 49). Traza en primer lugar el arco de medio punto que representa la sección recta del luneto para después repartir el dovelaje en partes iguales sin coordinarlo con el dovelaje de la bóveda. Después traza la semicircunferencia que representa la sección de la bóveda, y una línea vertical entre ambas que corresponde al plano vertical que pasa por la línea de impostas. A partir de aquí se obtienen las «plantas por cara», es decir, las plantillas del intradós del luneto. Para ello se abate usando como charnela rectas contenidas en un plano horizontal que pasa por las distintas juntas entre hiladas. Como referencia toma distancias iguales a lo que se separa la bóveda del plomo de la imposta a la altura de la hilada correspondiente en cada punto. El problema de esta solución surge en el único lado de la «planta por cara» que no es recto, es decir, el lado correspondiente al encuentro de luneto y bóveda que, como sabemos, es una curva alabeada de cuarto grado. Sin embargo, la intención de Aranda es construir una plantilla rígida y más adelante robar material, obteniendo así el cilindro del intradós (figura 6). Por tanto, no interesa tanto el desarrollo de la cara de intradós, sino su proyección; y dado que el luneto es una línea alabeada, su proyección sobre sobre el plano definido por sus cuatro vértices será un arco de circunferencia (Calvo 2000).

Es interesante comparar esta solución con la que ofrece Vandelvira (c. 1585, f. 23r). Las dos son similares en las cuestiones esenciales, pero hay importantes diferencias de detalle entre una y otra. Vandelvira traza las plantillas de lecho e intradós abatiendo sobre un plano vertical, y no sobre un plano horizontal como Aranda, para no «entoscar» la proyección en planta de las testas de las dovelas, que ha trazado bajando «plomos» o líneas que representan verticales, desde el alzado, y llevando sobre ellas sus alejamientos al plano frontal (figura 7). Para ello, toma las distancias de los vértices de las dovelas y de las mitades de sus cuerdas al plano de simetría del arco del alzado (Wendland et al. 2015). El problema es complejo, porque para desarrollar adecuadamente la testa del arco es preciso resolver el problema de la rectificación de la circunferencia, que obsesionaba a los matemáticos de la época. Sin embargo, en los textos de cantería españoles del siglo XVI y comienzos del XVII el problema se evitaba por completo; simplemente se iban tomando las longitudes de las cuerdas de cada segmento. A partir

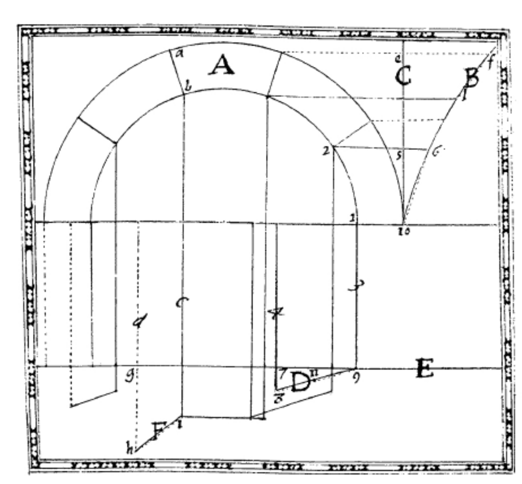


Figura 6
Arco avanzado en bóveda (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 49).

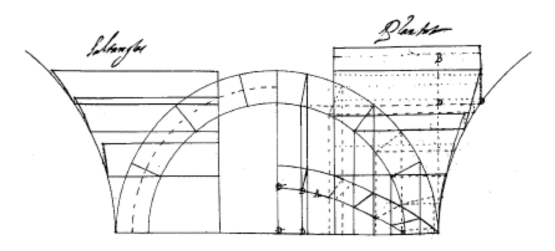


Figura 7
Arco avanzado en cercha (Vandelvira c. 1585, f. 23r).

de aquí, sólo falta llevar estas distancias a lo largo de los «plomos» que se han trazado para cada punto para obtener su imagen en la «cimbria» y unir estos puntos de tres en tres con el compás (Martínez de Aranda c. 1600, pl. 20; Calvo 2000).

Sin embargo, el luneto apuntado no se analiza en los textos de cantería hasta casi un siglo después, en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás (1639) y en el Cuaderno de Arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708), aunque debemos destacar que en ambos el arco abierto es un arco de medio punto, generando así el luneto apuntado y capialzado. Mientras que Fray Lorenzo recurre a un sistema de proporciones para definir la configuración geométrica del luneto presentando un ángulo entre planos de 90º (figura 8), la preocupación de Portor se centra en definir el reparto del dovelaje para asegurar la continuidad entre hiladas (figura 9).

En cuanto a las bóvedas de cañón rebajadas, son escasos los precedentes renacentistas anteriores al monasterio de El Escorial. Al igual que ocurre en el monasterio, en el palacio de Carlos V se plantean

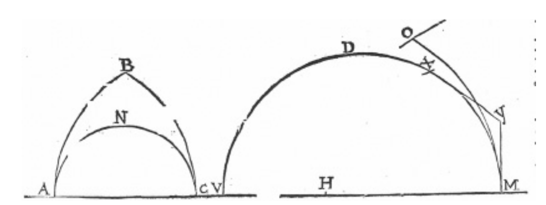


Figura 8
Luneto apuntado (Fray Lorenzo de San Nicolás 1637, 104)

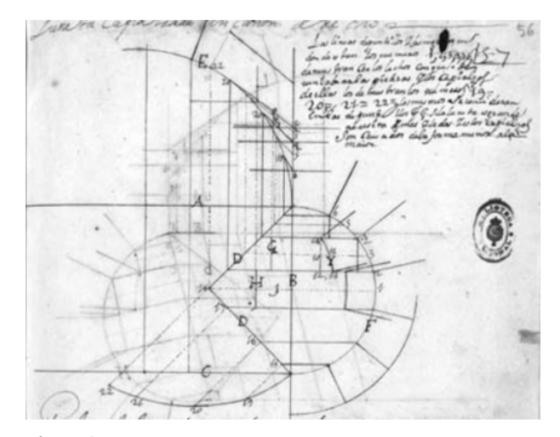


Figura 9
Luneto apuntado (Portor y Castro 1708, f. 47)

alternativas al caso genérico del arco de medio punto, planteando una serie de perfiles rebajados como directrices de sus bóvedas. A lo largo del siglo XVI se emplean óvalos y elipses, aunque en el ámbito de la construcción arquitectónica no se usaba el término elipse y no se relacionaba su generación con uno de los tipos de sección plana de un cono. En cuanto al óvalo, los tratados renacentistas a menudo se refieren a él como «arco rebajado» o «carpanel». De hecho, los tratados geométricos y arquitectónicos conocidos describen una serie de modelos siempre con proporciones fijas, proponiendo trazados elípticos para los casos en los que no es posible encajarlos. Los trazados de óvalos propuestos por los tratadistas quinientistas tienen proporciones fijas entre ejes, sin embargo Ana López Mozo apunta que quizá existieran métodos para la traza óvalos de cualquier relación entre luz y altura del arco o bóveda (López Mozo 2011).

En el siglo XVI autores como Serlio y Vandelvira resuelven la construcción de arcos rebajados mediante transformaciones afines de la circunferencia, partiendo de un ancho y altura predeterminados. La línea generada es siempre una elipse, que no es identificada como tal por los autores renacentistas que ofrecen construcciones similares. En este punto es importante destacar que aunque la solución teórica sería una elipse, es cierto que en muchos casos los puntos de la elipse se unen «a sentimiento» mediante arcos de circunferencia. En cuanto a las formas ovales, Serlio ofrece en su *Libro I* (1545) tres trazados. El primero no es un trazado en sí mismo, sino un método general para dibujar óvalos equidistantes sobre un óvalo con los centros de sus arcos a 60º. El segundo y el cuarto parten de la división del eje mayor en partes iguales para situar los centros de los arcos, el primero en cuatro partes iguales, y el cuarto en tres. En cambio, el tercero no parte de ninguna de las dimensiones principales, sino de dos cuadrados de los que surge después el óvalo. En este caso los centros de los arcos se alinean en una recta que forma 45º con la horizontal, al igual que ocurre en el segundo, mientras que dicha recta forma 60º con la horizontal en el cuarto trazado. Vandelvira (c. 1585) muestra un solo trazado de óvalo, con división de la luz en cuatro partes iguales y centros a 60º, combinando el trazado segundo y cuarto de Serlio. Por último, Hernán Ruiz (1560) es el único que toma el eje menor como dato de partida, dando 60º a la alineación de los centros con la horizontal, como en casos anteriores.

Con anterioridad a la construcción de la bóveda del zaguán occidental, encontramos en El Escorial una serie de bóvedas de sección carpanel, elíptica en unos casos y ovales en otros, que suponen claros antecedentes constructivos de aquella. Son innegables las similitudes entre estas bóvedas y algunas de las bóvedas del Escorial, por ejemplo la bóveda del pórtico principal del monasterio bajo la biblioteca, construida en 1583, por lo que se convierte en un claro y directo antecedente constructivo del caso que nos ocupa. En el caso del monasterio, muchas de sus secciones ovales parecen haber sido realizadas por tanteo, a prueba y error, hasta aproximar unas medidas razonables de luz y altura, dado que sus trazados no están recogidos en los tratados (López Mozo 2011). Por tanto, resulta interesante analizar el trazado de la bóveda del zaguán occidental, ejecutada por quien fuera igualmente el artífice de las bóvedas de El Escorial.

Levantamiento y análisis

Como hemos visto anteriormente, debemos prestar especial atención a dos aspectos importantes de la bóveda. De un lado la configuración geométrica de los lunetos, y de otra parte, el trazado de la sección rebajada de la bóveda. Para poder profundizar en estas cuestiones, se ha llevado a cabo un levantamiento fotogramétrico riguroso de las bóvedas de los zaguanes occidental y meridional, que nos ha permitido determinar geometría y el despiezo del intradós dovela a dovela, así como la configuración formal del conjunto. Se han tomado 40 fotografías que posteriormente han sido procesadas con PhotoModeler Scanner de forma manual para obtener dos nubes de 1032 y 767 puntos respectivamente. La nube de puntos obtenida ha sido tratada posteriormente con Rhinoceros para llegar a la elaboración de una representación gráfica rigurosa de la geometría de las bóvedas.

En cuanto a las secciones de las bóvedas es preciso puntualizar la importancia de definir si son perfiles ovales o elípticos, puesto que a simple vista podemos descartar una bóveda se sección semicircular. Óvalos y elipses muestran una clara similitud gráfica, pero son muy diferentes en cuanto a su generación, diseño y proceso de trazado, así como las implicaciones en cuanto a su construcción arquitectónica. De hecho, el uso de óvalos en la arquitectura es mucho más común (Huerta 2007; López Mozo 2011). Un óvalo es una curva cerrada convexa plana, con simetría doble ortogonal, formada por, al menos, cuatro arcos circulares tangentes. Por tanto, al trazar óvalos paralelos para configurar bóvedas con un espesor constante para una envergadura dada es sencillo puesto que se trata de arcos de circunferencia concéntricos, de manera que estos óvalos equidistantes ya no mantienen la misma proporción entre sus dos ejes que el óvalo inicial. Todo ello facilita el trazado de juntas entre dovelas ortogonales a la curvatura del óvalo. Por otro lado, la elipse se define geométricamente como una sección plana obtenida a partir de un cono; y métricamente como el lugar geométrico de los puntos del plano cuya suma de las distancias a dos puntos fijos es constante. La curvatura de la elipse, sin embargo, varía en todos los puntos, lo que complica la división en partes iguales y el trazado de líneas ortogonales para distribuir las dovelas de un arco. Además, una curva equidistante a una elipse no genera otra elipse, sino una curva de cuarto grado llamada toroide, que sólo puede ser trazada por aproximación (Huerta 2007). El criterio a seguir para su definición ha sido el mismo seguido por Ana López Mozo (2011). Este consiste en trazar la elipse que encaja con las dimensiones de los ejes de la bóveda, es decir, la luz entre sus arranques y la altura de la clave del arco. Si el trazado no coincide, esta diferencia será especialmente notable en los puntos donde se produce el cambio de curvatura, donde se encuentran los puntos de tangencia entre los distintos arcos del óvalo. El siguiente paso sería comprobar el trazado del óvalo con los propuestos en los tratados observando las características concretas que los definen (proporción entre ejes, división de la luz, ángulo de la alineación de centros, etc.).

El zaguán occidental

Como ya hemos comentado anteriormente, los lunetos del zaguán occidental no son los primeros lunetos cilíndricos realizados con técnicas de cantería en España, pero quizá si son los primeros con una ejecución material muy próxima a la geometría teórica ideal de esta tipología constructiva. Si bien los precedentes giennenses evitan coordinar las hiladas entre luneto y bóveda remarcando el encuentro entre ambos, en la bodega de El Escorial, Minjares recurre a una solución peculiar. El principal problema que presenta esta figura al intentar mantener la continuidad entre luneto y

bóveda se encuentra en la hilada superior, donde el alabeo de la curva es máximo y donde se genera una hilada desproporcionadamente ancha con respecto al resto, lo cual es desequilibrado desde el punto de vista estético. Para evitar estas cuestiones, Minjares ataja este problema e intenta coordinar las hiladas mediante una solución que se aleja en su clave de la solución teórica (López Mozo 2009) (figura 10).

Sin embargo, Minjares emplea años más tarde una solución diferente en el zaguán occidental del palacio. Por un lado, los levantamientos confirman que la línea del luneto se ejecuta de forma limpia, formando una curva alabeada muy próxima a la solución geométrica teórica generada por la intersección entre dos cilindros de distinto radio. Por otro lado, Minjares resuelve aquí la cuestión de la hilada superior: el pronunciado alabeo de la curva se ejecuta atravesando una de las hiladas de la bóveda principal al luneto en su parte más alta, y tallando con posterioridad el vértice in situ. Por otro lado, la hilada superior del luneto se divide en tres, aparejándose de forma independiente, y evitando el problema del ancho desproporcionado. Sin embargo, no todos los lunetos del zaguán occidental se ejecutan siguiendo el mismo criterio. Mientras los lunetos centrales de la bóveda siguen el trazado teórico del «Arco avanzado», los lunetos laterales más pequeños, se presentan como lunetos apuntados capialzados que apenas ofrecen novedades constructivas con respecto a los lunetos de la cripta. En este caso, al contrario de lo que ocurre en los lunetos centrales, la bóveda secundaria presenta un rampante apreciable, dando lugar a lunetos apuntados capialzados (figura 11).

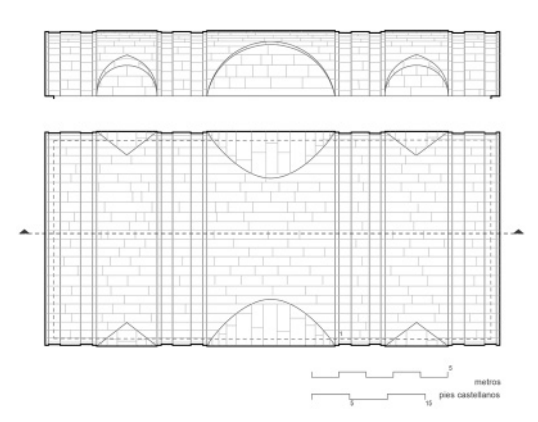


Figura 11
Bóveda del zaguán occidental. Planta y sección longitudinal.

En lo que respecta a la sección de la bóveda, los levantamientos confirman que se trata de un perfil oval, y no elíptico, puesto que coincide notablemente con un óvalo de tres centros, es decir, una curva formada por tres arcos de circunferencia tangentes entre sí, de manera que los centros de dos arcos consecutivos y el punto de tangencia están alineados según una recta. En el caso concreto del zaguán occidental, el trazado no coincide con exactitud con los tratados, sin embargo posee una proporción de 3:2 entre ejes, así como rasgos contenidos en óvalos anteriormente analizados en los tratados: la recta que une los centros y el punto de tangencia forma un ángulo de 60º con la horizontal, al igual que el cuarto óvalo de Serlio, el de Hernán Ruiz o el de Vandelvira (figura 12).

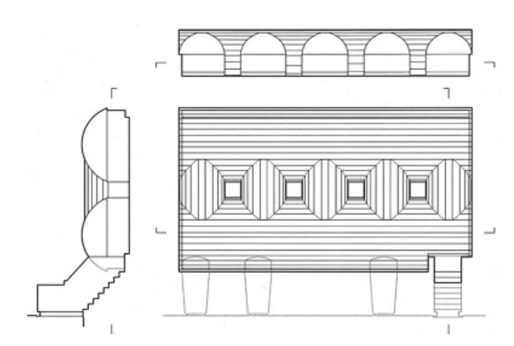


Figura 10
Lunetos en la bodega del Monasterio de El Escorial (López Mozo 2009, 295)

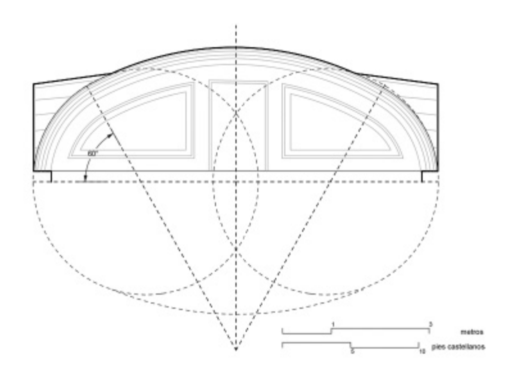


Figura 12
Bóveda del zaguán occidental. Sección transversal

El zaguán meridional

En lo que respecta a la apertura de huecos en la bóveda, si comparamos la solución del zaguán occidental con la bóveda del zaguán meridional, encontramos un hecho curioso. Mientras que los lunetos del zaguán occidental, construidos con anterioridad, responden al modelo teórico de luneto cilíndrico, los lunetos abiertos en el zaguán meridional retroceden en cuanto a la complejidad de su trazado, volviendo a la solución del luneto apuntado ejecutada en la cripta casi un siglo antes. Sin embargo, las lunetas del zaguán meridional difieren de los ejecutados por Machuca, puesto que en este caso el hueco abierto en el paramento es un arco de medio punto, y no un arco apuntado, lo cual genera el luneto apuntado y capialzado desarrollado en algunos textos de cantería (Fray Lorenzo 1637, p. 104; Portor 1708, f. 47). Por otro lado, si bien los lunetos apuntados de la cripta seguían el esquema de 90º en planta, como los propuestos por Fray Lorenzo y Portor, en el zaguán meridional los lunetos se presentan con un ángulo notablemente más abierto, probablemente para rebajar la verticalidad del luneto en alzado. Se observa, por tanto un evidente intento de acercarse al luneto cilíndrico, huyendo de la imagen gótica que aportan los arcos apuntados, y probablemente anta la falta de conocimientos para ejecutarlos, la arista del luneto se

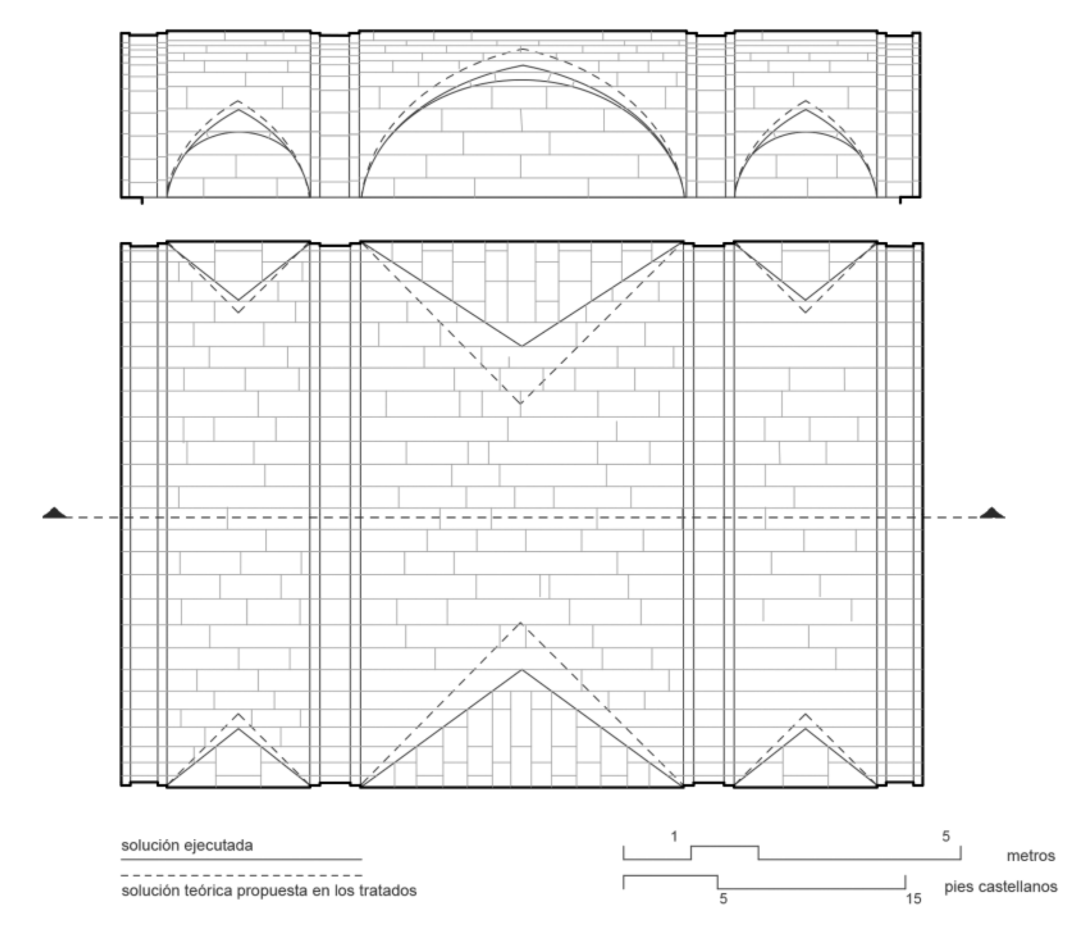


Figura 13
Bóveda del zaguán meridional. Planta y sección longitudinal.

genera por la intersección de la bóveda principal con dos planos verticales que forman un ángulo de 110º entre sí, ampliando la luz del luneto y rebajando el vértice del mismo (figura 13).

En cuanto al perfil de la bóveda, su sección presenta un trazado similar al del zaguán occidental. Si bien no coinciden en dimensiones al ser el zaguán sur más pequeño, la proporción entre los ejes de la bóveda es 3:2, al igual que ocurría en el zaguán occidental. Si profundizamos, además, en su geometría, obtenemos el mismo trazado, con la misma proporción entre los arcos situando sus centros de igual manera, y por tanto formando las alineaciones entre estos un ángulo de 60º con la horizontal.

Conclusiones

Los lunetos ejecutados en el palacio de Carlos V en Granada constituyen un caso de estudio llamativo, principalmente por los diferentes sistemas geométricos abordados en su construcción, dando lugar a una gran variedad de soluciones. Desde los lunetos apuntados de la cripta del palacio, hasta los lunetos ejecutados en los zaguanes, se nos presenta un gran abanico y distintas formas de abordar un mismo problema constructivo. El análisis realizado sobre la base de los levantamientos nos ofrece interesantes resultados y conclusiones acerca de la ejecución de las bóvedas de los zaguanes, tanto en lo referente a la geometría de sus lunetos como a su perfil rebajado. Así mismo, y basando estos análisis en comparaciones con sus antecedentes constructivos y bóvedas posteriores, podemos elaborar hipótesis sobre la evolución de esta tipología constructiva en el siglo XVI, concretamente en el proceso de ejecución del palacio de Carlos V en Granada.

No cabe duda de que Minjares mejoró su maestría en la ejecución de bóvedas de cantería, especialmente en la construcción de bóvedas de perfil oval y la intersección de estas con bóvedas secundarias. Tras la construcción de los lunetos apuntados en la cripta del palacio se generaliza su ejecución en El Escorial, donde constituyen la tipología de lunetos más frecuente, si bien, como sabemos, se ejecutan como lunetos apuntados y capialzados. La escasez de ejemplos de arcos avanzados en el monasterio, indica que se trataba de una solución a evitar en la medida de lo posible, ya que probablemente gustaba poco a sus ejecutores; quizá por la complejidad de su materialización en piedra y la pericia necesaria para mantener la continuidad de aparejo entre bóveda principal y secundaria. Considerando la peculiar solución de la bodega de la cocina del Colegio del monasterio de El Escorial (1577–1581) uno de los ejemplos más tempranos de lunetos cilíndricos construidos en aparejo de piedra, los lunetos del zaguán occidental del palacio de Carlos V serían los primeros que se acercan a la solución ideal planteada en la teoría. Tal es la complejidad de esta solución y su singularidad, que bóvedas posteriores construidas en el mismo palacio no son capaces de reproducir su fórmula, recurriendo a soluciones poco ortodoxas que pretenden asemejarse a ésta. Este dato, obtenido a raíz de los análisis realizados, se contrapone a lo expuesto por Rosenthal, quien asegura que finalmente Potes ejecutó la bóveda a su manera alejándose del estilo de Minjares. A la luz de los análisis, probablemente Potes se aleja de Minjares en la ejecución de los lunetos no por voluntad propia, sino por la dificultad de construirlos con igual maestría. Sin embargo el perfil oval de ambas bóvedas es idéntico, guardando las mismas relaciones geométricas aun teniendo dimensiones distintas.

Por otro lado, y a pesar de que no podemos relacionar directamente la sección oval de la bóveda con ninguno de los trazados propuestos en los tratados teóricos del siglo XVI, encontramos en ella datos que nos indican que la bóveda no fue ejecutada únicamente por tanteo, sino que existe una lógica geométrica detrás de su trazado, teniendo en cuenta los condicionantes espaciales. Las similitudes con la bóveda del pórtico principal de El Escorial (1583) son evidentes si comparamos ambas secciones, sin embargo resulta curioso el hecho de que en el caso del monasterio, los lunetos son apuntados y capialzados, mientras que en el palacio son cilíndricos, conservando en algunos casos el rampante del capialzado. Es decir, siguiendo el orden cronológico, Minjares ejecuta en primer lugar los lunetos de la bodega de El Escorial (1577–1581) recurriendo a una solución peculiar, para posteriormente abandonar esta solución y optar por la construcción de lunetos apuntados en el pórtico principal (1583). Finalmente, retoma la solución de lunetos cilíndricos en el zaguán occidental del palacio de Carlos V mejorando su ejecución notablemente.

Lista de referencias

Calvo López, José. 2000. Lunetas y arcos avanzados. El trazado de un elemento constructivo en los siglos XVI y XVII. En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 165–175. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, Santiago. 2007. Oval domes: History, Geometry and Mechanics. *Nexus Network Journal*, vol. 9, 2: 211–248. Turin: Kim Williams Books.

López Mozo, Ana. 2009. *Bóvedas de Piedra de El Monasterio de El Escorial*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

López Mozo, Ana. 2011. Ovals for Any Given Proportion in Architecture: A Layout Possibly Known in the Sixteenth-Century. *Nexus Network Journal*, vol. 13, 3: 569–597. Turin: Kim Williams Books.

Martínez De Aranda, Ginés. [1600] 1986. *Cerramientos y trazas de montea.* Madrid: Servicio Histórico Militar CEHOPU.

Portor y Castro, Juan de. 1708. *Cuaderno de arquitectura*. Madrid: Biblioteca Nacional (Ms 9114)

Rosenthal, Earl E. [1985] 1988. *El Palacio de Carlos V en Granada.* Madrid: Alianza Editorial.

Rovira y Rabassa, Antoni. 1897. *Estereotomía de la Piedra.* Barcelona: Provincial de la Caridad.

Ruiz, Hernán el Joven. c. 1560. *Libro de arquitectura*. Madrid: Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (Ms R16)

Salcedo Galera, Macarena y Calvo López, José. 2015. «Los primeros lunetos en cantería de los tiempos modernos». Sobre la bóveda de la cripta del palacio de Carlos V en Granada. En *Actas del I Congreso Hispanoamericano de Historia de la Construcción,* vol. 3: 1551–1559. Madrid: Sociedad Española de Hª de la Construcción Instituto Juan de Herrera.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. [1639] 1989. *Arte y Uso de Architectura. Primera parte.* Madrid: Albatros.

Serlio, Sebastiano. 1545. *Il Primo libro d'Architettura di Sebastiano Serlio*. París.

Vandelvira, Alonso de. [1580] 1977. *Libro de Trazas de cortes de Piedras.* Albacete: Caja Provincial de Ahorros de Albacete.

Wendland, David; Aranda Alonso, María y Ventas Sierra, María José. 2015. El corte de la piedra en bóvedas tardogóticas complejas a la luz de los primeros tratados modernos de estereotomía. En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, ed. Santiago Huerta Fernández, 1781–1791. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Enseñanza de la restauración y las técnicas antiguas a alumnos de la Escuela Taller de la Habana vieja

Giordano Sánchez Núñez

El rescate del Centro Histórico de La Habana Vieja, como un proceso fundamentalmente social y cultural, es el resultado de la voluntad del pueblo cubano de salvaguardar los valores patrimoniales y culturales, tangibles e intangibles, que distinguen la ciudad y su historia.

Con este propósito se fundó en 1938 la Oficina del Historiador por el Dr. Emilio Roig de Leuchsenring, quien nos legó su infatigable quehacer por la conservación de los monumentos históricos de La Habana y los principales bienes de nuestro patrimonio nacional.

En el año 1978, el Centro Histórico La Habana Vieja fue declarado Monumento Nacional, lo que expresó la sensibilidad y preocupación por una ciudad destruida, abandonada, pero que todavía mostraba su absoluta belleza, con sus ancestrales costumbres y singulares tradiciones.

A partir de 1981 se iniciaron las labores de restauración financiadas por el Estado cubano, y se comenzó a identificar a la Oficina del Historiador como la encargada de dirigir y planificar las principales gestiones y trabajos concretos de estos primeros esfuerzos, a partir de lo que en años anteriores se había realizado en el Palacio de los Capitanes Generales. En ese momento se realizan las primeras acciones constructivas con una concepción más urbana, tomando como punto de partida a la Plaza de Armas y las primeras calles. En estos años comenzaron las restauraciones de las antiguas fortificaciones: Fortaleza San Carlos de la Cabaña y el Castillo de Los tres Reyes del Morro.

Finalmente, en 1982, es declarada La Habana Vieja y su sistema de fortificaciones como Patrimonio Cultural de la Humanidad reconociéndose los valores arquitectónicos y culturales de una ciudad donde se refleja una mezcla de estilos arquitectónicos y el testimonio de diferentes épocas destacándose su sistema de plazas y calles principales, así como Palacios, Iglesias y grandes casas entre otros. De esta forma quedó reafirmada y constituida la Oficina del Historiador de la Ciudad como el organismo rector para realizar los planes y restaurar la ciudad.

En el año 1992, en un convenio suscrito entre la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana y la Agencia Española de Cooperación Internacional [AECI] el día 6 de abril quedó constituida la Escuela Taller del Centro Histórico de La Habana Vieja, tomando el nombre del poeta y escritor español «Gaspar Melchor de Jovellanos».

En1993, la sociedad cubana atravesaba por uno de sus momentos más difíciles, marcado por una aguda crisis económica. En medio de esta terrible circunstancia y en nuestra lucha determinante y diaria por revertir esta situación, el Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros de la República de Cuba, Fidel Castro Ruz en su deseo de propiciar la protección del Patrimonio Cubano, en el mes de octubre redactó e hizo vigente de manera inmediata el Decreto Ley 143.

A partir de ese momento quedó reconocido el trabajo que por décadas había realizado el Dr. Eusebio Leal Spengler y un grupo de compañeros. La Oficina

del Historiador se convierte en la institución del Estado cubano que va a dirigir y ejecutar el proceso de restauración de la ciudad.

De este modo, se le confiere a la Oficina del Historiador una atención priorizada, se amplía su marco de autoridad, se fortalece su condición de institución cultural con personalidad jurídica propia y se le otorgan atribuciones para gestionar los recursos financieros necesarios con el objetivo de preservar la memoria material y espiritual de la capital de la República, como expresión de la historia nacional.

Una de los fundamentos en que se apoya la Oficina para cumplir su encargo social es la Escuela Taller «Gaspar Melchor de Jovellanos». El objetivo del presente ensayo consiste en mostrar los resultados del trabajo realizado por un grupo de jóvenes graduados en ese centro en el rescate de un inmueble patrimonial que se convertiría en el actual Bar Restaurant «Bigote de Gato».

La experiencia de la Escuela Taller «Gaspar Melchor de Jovellanos»

La Escuela Taller «Gaspar Melchor de Jovellanos» se fundó en 1992, desarrollando desde entonces una labor fundamental en la restauración del Centro Histórico de La Habana Vieja, ya que los jóvenes educados y formados en el conocimiento de los oficios y las diferentes especialidades desarrollan una intensa actividad en la conservación y restauración del patrimonio cultural.

Desde su fundación se han graduado alrededor de 1050 estudiantes en catorce especialidades [Albañilería, Arqueología, Carpintería, Cantería, Electricidad, Forja, Jardinería, Plomería, Pintura de Obras, Pintura Mural, Vidriería, Yeso, Hojalatería y Talabartería]. El nivel técnico alcanzado por nuestra Escuela nos permite intercambiar experiencias con personal de otros centros de igual perfil e incluso apoyar el trabajo de aquellos que lo requieran mediante el adiestramiento de profesores y alumnos. Como es el caso de las Escuelas Taller de Santiago de Cuba [2002], Trinidad [1998], Camagüey [1997] y Cienfuegos [2008].

En el año 2013, la dirección de la Oficina decidió implementar una nueva experiencia, que consistió en la creación de Obras-Laboratorio con el propósito de realizar un trabajo de restauración concreto donde los egresados pusieran en práctica lo aprendido según sus especialidades y pasar un primer período de adaptación a la vida laboral. De esta manera, el ejercicio final de los graduados del curso 2013–2014 consistió en la restauración de una obra en ejecución.

Durante el período docente de dos años estos egresados habían vencido satisfactoriamente las disciplinas y actividades docentes: Dibujo técnico, Tipología de las construcciones del período colonial, Materiales y técnicas de restauración [por especialidad], Tecnología de la restauración [por especialidad], Taller de restauración [por especialidad], Práctica laboral, Prácticas pre profesionales, Examen de calificación obrera. Se trataba entonces de consolidar los conocimientos en varias especialidades, entre ellas: albañilería, cantería, carpintería –tanto de puertas y ventanas, como carpintería constructiva de techos.

El Bar-Restaurant «Bigote de Gato»: consolidación de lo aprendido

El caso de estudio que nos ocupa – ejercicio final para los egresados – es un antiguo edificio del siglo XVIII, ubicado en la esquina de las calles Tte. Rey y Aguacate, en La Habana Vieja. Una edificación valiosa, pero deteriorada por el tiempo, prácticamente destruida y abandonada. En ella se podían apreciar las técnicas tradicionales de construcción de muros de la etapa colonial, y un techo de armadura de pares que, aunque solo contaba con unos pocos elementos revelaba la bella ejecución que una vez había tenido (figura 1).

Paralelamente, a solicitud del Historiador de la ciudad, se realizó una investigación histórica en dicha calle arrojando como uno de los resultados notables el hecho de que allí había vivido y fundado uno de los personajes más pintorescos de la historia de la Ciudad de La Habana, el asturiano Manuel Pérez Rodríguez, más conocido como Bigote de Gato[1], a quien le venía de su natal Asturias su auténtica hidalguía y su espíritu Quijotesco y de su Cuba querida, el sabor de lo criollo, su gentileza y la alegría que siempre lo acompañó.

De esta forma la Restauración de este inmueble y el propio ejercicio de los jóvenes para realizarla, alcanzaba una nueva dimensión al llevar a cabo al unísono



Figura 1
Estado original de la obra antes de la restauración. Imagen del autor.

el rescate de una parte de la historia de la ciudad, los cuentos populares y las anécdotas sobre «Bigote de Gato», cuya vida y legado fueron honrados con la nueva función y el nombre de este proyecto.

La obra se realizó bajo el principio básico de mayor reversibilidad y menor invasión, compatibilidad de los materiales y recuperación de las técnicas antiguas de intervención.

El proceso de restauración se orientó por un protocolo de intervención donde las acciones constructivas se fundamentaron en el estudio de las lesiones y análisis de las patologías presentes en las diferentes tipologías constructivas; el diagnóstico correspondiente y el diseño de los tratamientos y metodologías de intervención para cada caso.

En la especialidad de cantería la obra contaba con un muro mixto de partes de sillares de piedra y partes de mampuesto. La sillería consistía en partes de muro o rafas construidas con piedras calizas con forma de paralelepípedos de alto y ancho regularmente uniforme entre 40 y 50 cm., y largo variable entre 50 y 70 cm.

Muros

Entre las piezas de piedra se encontraba un mortero a base de cal y áridos proveniente del corte y labranza de las propias fábricas. En algunas zonas de este muro de piedra se encontraban huellas de un antiguo revoque muy fino a base de cal y pigmentos de color ocre.

Las partes hechas de mampuesto eran compuestas por fragmentos de piedra irregular unidas con una argamasa de cal. Este tipo de muro era muy común en el siglo XVIII y su nombre indica cómo se construían «Puesto con la mano» las realizadas con piedra como en este caso le daban más fortaleza y como es típico estaba revestido con un mortero de cal grueso.

En este caso particular, en el muro se podían apreciar las camadas de piedras irregulares y cal y aun cuando no fue construido con tierra ni sus dimensiones eran las propias de los tapiales quizás este fue hecho con la técnica de las rafas y tapias, pues además de verse con cierta claridad las capas de material como vertidos dentro de un molde, los fragmentos de piedras eran bastante pequeños y la relación entre los materiales componentes era de mucha argamasa y pocos fragmentos de piedra (figura 2).

Las lesiones fundamentales encontradas en los muros eran las siguientes:

- Grietas producidas por la pérdida de mortero y argamasa en la unión entre las rafas de piedra y las partes construidas con mampuesto.
- Pérdidas considerables en las juntas verticales y horizontales entre sillares.
- Superficie de los sillares con oquedades, pequeñas fracturas, faltantes y partes blandas[2].
- Superficie de mampuesto irregular por el desgaste del muro y la pérdida de argamasa.
- Grandes faltantes producto de la pérdida considerable de argamasa y la caída de fragmentos de piedra.
- En las zonas de argamasa, la superficie se encontraba disgregada y pulverulenta.
- Grandes pérdidas y desgaste en el muro producto de la falta de revestimiento y la acción del aire y las escorrentías de agua.
- Destrucción y faltantes de material notables en las partes superiores de los muros, ocasionadas por las escorrentías de agua y la pérdida de los elementos de madera del antiguo techo.



Figura 2
Fachada sin revestimiento donde se aprecia las tipologías de muro y los elementos componentes. Imagen del autor

La metodología de intervención para los muros consistió en aplicar tratamientos diferentes a las dos técnicas constructivas presentes y a su vez diferenciar el completamiento de los muros de la aplicación de los revestimientos.

En el muro de piedra se realizó en primer lugar el saneamiento y limpieza de la superficie, realizando limpieza mecánica no abrasiva y química con agua des-ionizada.

Las partes de piedra faltantes fueron completadas hasta el nivel de superficie con morteros de cal[3] y arenas finas y gruesas 1:3 y 5%[4] de cemento blanco y las juntas fueron completadas con mortero de cal y arena 1:3

Las superficies de argamasa en las zonas de mampuestos fueron aglomeradas, a partir de la aplicación de agua silicatada[5] por aspersión con el cuidado de no provocar escorrentías.

Las partes faltantes en el mampuesto fueron completadas con argamasa de cal, cerámica en polvo[6] muy fina y carbonato de calcio 1:1:2 y las incrustaciones por capas de pequeños fragmentos de piedra.

Las grietas en esta parte del muro fueron higienizadas de material disuelto, aglomeradas las oquedades y rellenas con argamasa de composición semejante a la utilizada para erradicar los faltantes.

Finalmente, el muro fue revestido por dos capas de mortero, la primera de granulometría gruesa compuesta por cal, cerámica y carbonato de calcio 1:1:2; la segunda de granulometría intermedia compuesta por cal y arena y carbonato de calcio 1:1:2 y 5% de cemento blanco.



Figura 3
Aplicación de enlucido en la fachada. Imagen del autor.

En la capa final fue aplicado un enlucido de base compuesto por cal, carbonato de calcio 1:3 y 10% de cemento blanco, con la adición controlada de polvo muy fino de carbón[7] y cerámica como pigmentos naturales (figura 3).

En la albañilería, los trabajos consistieron en erigir nuevas paredes interiores que fueron construidas con ladrillos de barro macizos, de igual forma se completaron las partes faltantes en la parte superior de los muros, se colocaron los nuevos dinteles de madera y las hiladas de ladrillo para sellar y proteger la antigua obra de piedra y mampuesto.

En ambos casos, el mortero que se utilizó fue compuesto por cal y arena 1:3 y 5% de cemento blanco, el revestimiento grueso fue realizado con la misma composición que el mortero de colocación y la terminación fue a base de cal, carbonato de calcio 1:3 y 5% de cemento blanco en forma de enlucido aplicado a llana.

Pavimentos

Se colocaron los pisos con mortero tradicional de cal y arena fina 1:3 y 10 % de cemento blanco y los nuevos enchapes cerámicos se realizaron con la técnica moderna del cemento cola.

Techo de madera

En el techo de armadura faltaba aproximadamente el 80% de sus elementos componentes y los existentes estaban casi totalmente destruidos, por lo que no fue posible realizar su restauración. Sin embargo, en los muros interiores quedaban incrustados en las paredes fragmentos de las molduras de billetería y viñetas, así como canes y fragmentos de tirantes y ligaduras donde se podía leer que el techo original era un techo de par e hilera, de arrocabe compuesto.

También se podía observar la impronta de la existencia original de tirantes de esquina o cuadrales y pedazos de guardapolvo; y en las piezas que aún permanecían, a pesar de su deterioro era visible la decoración que se había utilizado en las piezas del antiguo techo.

La decisión adoptada fue la de construir un nuevo techo de madera, semejante a los techos de par e hilera propios del siglo XVIII construidos en La Habana Colonial, lo cual constituía un reto porque los techos siempre se restauraban alguna de sus partes y nunca antes se había construido uno totalmente nuevo a la manera antigua. Desde el punto de vista docente esta experiencia fue de vital importancia para enfrentar trabajos futuros de restauración de estructuras de madera en otras obras del Centro Histórico (figura 4).

Se estableció un régimen de trabajo de Taller y Obra para trabajar los elementos componentes y posteriormente realizar su montaje. Se elaboraron los arrocabes compuestos por solera, canes, estribos, tirantes y cuadrales, y se montaron sobre los muros restaurados.

Se elaboraron la hilera, limas, pendolones, péndolas y pares, y se realizó su montaje al que le siguió la talla de las cajuelas para mata juntas. Sobre estas se colocó el entablado. Posteriormente, el techo se decoró con las molduras y guardapolvos, y se elaboró y colocó la lacería en los tirantes pareados y ligaduras (figuras 5 y 6).

Para las vigas se empleó madera dura –Green Heart– de Guyana, y para el entablado y la decoración madera de Cedro Real proveniente de Cuba. La terminación de los elementos del techo fue con Tinta de Mangle Rojo[8], sellador incoloro para maderas y barniz.

El techo de madera fue cubierto por tejas criollas[9] y detallado con un hermoso tejaroz (figuras 7, 8 y 9).

Carpintería en blanco

El diseño de la carpintería en blanco fue un aspecto de vital importancia para ubicar la obra en los tiempos actuales y no engañar con una imagen antigua para un edificio que, si bien habían sido restaurados sus muros, muchas de sus partes y elementos constructivos eran de nueva construcción.

Para la carpintería en blanco se fabricaron puertas de tipo españolas, típicas de la etapa colonial, pero combinadas con lucetas y paños fijos laterales de cristales de colores con un diseño más contemporáneo.

Terminación

Una vez restaurado, el edificio se convirtió en el nuevo Bar-Restaurante «Bigote de Gato», ya que en esa

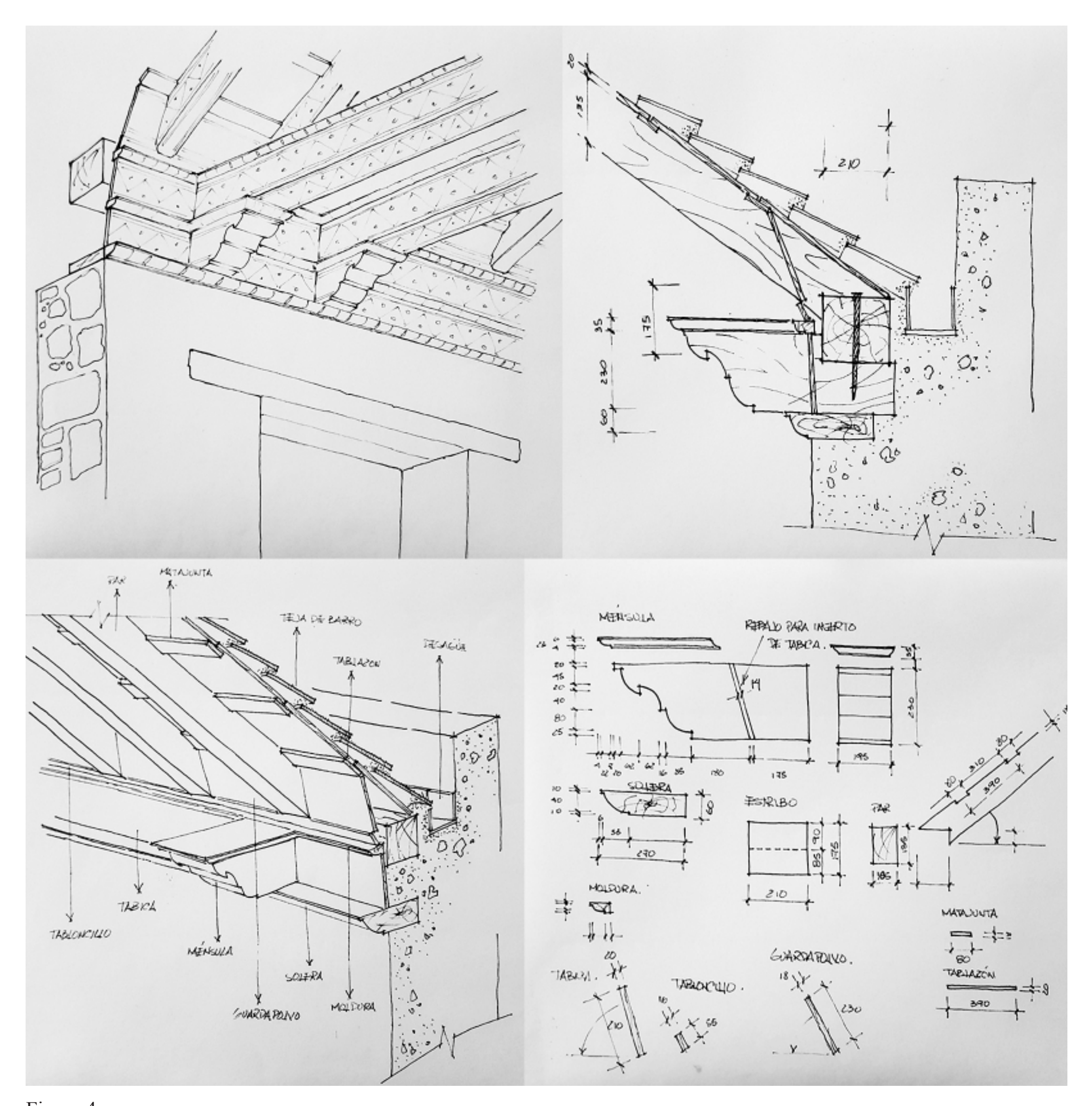


Figura 4
Croquis para la construcción de los elementos de techo. Gráfico del autor.

calle existió un negocio semejante fundado por el asturiano Manuel Pérez Rodríguez, más conocido como «Bigote de Gato»

El interior del local fue decorado con la historia de este personaje de La Habana de los años 40 y 50 del siglo XX, de quien la investigación realizada dio como resultado la siguiente síntesis biográfica (figuras 10 y 11):

Conclusiones

Los resultados del trabajo de los recién egresados y estudiantes en la restauración de esta obra, el completamiento del ejercicio docente y la adaptación a la vida laboral fueron extraordinarios, pues la intervención se terminó en el tiempo previsto de un año, con una alta calidad de ejecución y buenas prácticas y de



Figura 5
Talla de uniones a media madera y cola de milano para la unión de estribos y Tirantes de esquina. Imagen del autor.

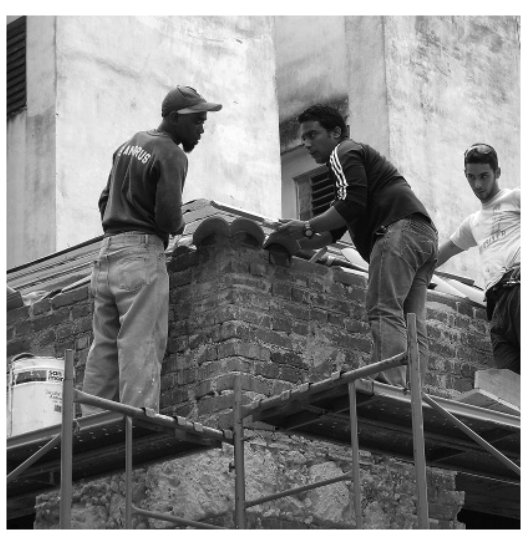


Figura 7
Proceso de construcción del tejaroz con tejas criollas.



Figura 6
Ensamble y montaje de la lacería y decoración sobre los tirantes pareados y las ligaduras. Imagen del autor.



Figura 8
Techo de armadura de pares terminado. Imagen del autor.

manera inmediata el edificio fue puesto en explotación sin contratiempo alguno.

La Enseñanza de la restauración y las técnicas antiguas a recién egresados de la Escuela Taller de la Habana vieja, tuvo muy buenos resultados pues los jóvenes pasaron un entrenamiento y período de adiestramiento mucho más integral, bajo la nueva concepción de Obras Laboratorios.



Figura 9
Detalle de esquina del tejaroz. Imagen del autor.

Los jóvenes posteriormente se incorporaron en diferentes proyectos de restauración del Centro Histórico y los resultados obtenidos fueron muy buenos, en la actualidad muchos de estos jóvenes aún permanecen trabajando en la restauración del Centro Histórico de La Habana.



Figura 10
Detalle de esquina del edificio terminado. Imagen del autor.

Notas

1. Breve reseña de la vida de Manuel Pérez Rodríguez, conocido como «Bigote de Gato»

El 13 de diciembre de 1910 en Santullano de Las Regueras, Asturias, nació Manuel Pérez Rodríguez, sus padres, Gumersindo Pérez y María Rodríguez vivían en Llamero (Candamo), pero la madre debió ir a casa de sus padres, en Santullano, donde parió. Por motivos familiares, y después de pasado el parto, volvieron al domicilio conyugal.

Con 12 años, llegó Carlos Manuel a Cuba, siguiendo a su padre que trabajaba en la fábrica de tabacos H`Upman. Con su boina roja, su pelo largo y un reluciente mostacho, que, a su corta edad, ya lucia de oreja a oreja. Algunos lo comenzaron a considerar como a otros personajes populares de La Habana, que tenían un «tornillo flojo». Carlos Manuel, su nombre y apellido real, era poco conocido por las personas de su tiempo.

Pasó a la historia de La Habana como «Bigote de Gato», quien era «un tipo decente» experto en Gastronomía y Licorería. Nunca estuvo loco, aunque todos los locos fueran sus amigos y diera siempre la buena ventura a cuanta especie del folklorismo urbano que llegara a su bar, ubicado en la calle Teniente Rey No. 308, a donde iba también la bohemia habanera y el cliente siempre tenía la razón.

Presidió el Tribunal de los Locos, programa de la televisión cubana de los años 50, los otros miembros eran nada más y nada menos que: «El Caballero de París», que vivía mentalmente en el pasado, «La Marquesa» una dama que se creía condesa, un joven apodado «Tarzán» porque comía el pescado crudo, y un excéntrico vestido de charro mexicano apodado «Juan Charrasqueado».

Trascendió además por su famoso automóvil, un Chevrolet convertible de 1923, con el cual ganó la competencia de cacharros [autos viejos] cuya carrocería estaba decorada con caricaturas de reconocidos humoristas y frases jocosas. Llamaba la atención de los transeúntes cuando circulaba por las calles de la capital, se convertía en centro de atención en los paseos del carnaval habanero y era la sensación de las carreras de autos viejos.

Era habitual verlo pasar los domingos por el Malecón de La Habana acompañado de hermosas mulatas, por las que sentía especial atracción. Se decía de él que era psicólogo, filósofo, experto en mujeres y amores, por lo que su Bar de la calle Teniente Rey era muy visitado, unos tan solos para verlo, otros para comer y beber gratis y otros para escuchar sus anécdotas y reflexiones en voz alta.

Bigote de Gato promocionaba su bar, que llevaba su mismo nombre, con el siguiente lema, que se podía leer en un cartel a la entrada del local: *«Conozca a Cuba primero, visite a Bigote de Gato después; un pedacito de nuestra madre patria con todos sus productos, una palmera cubana con todas sus costumbres»*.

El bar Bigote de Gato acogía al club de los Noctámbulos, del cual era presidente, que llegó a tener 500 miembros y los requisitos para pertenecer eran: tener entre 18 y 100 años de edad, noctambular entre 12 de la noche y 6 de la mañana, practicar la alegría, la prudencia, el respeto y no hablar de religión ni de razas. Lo de razas se puso porque estaba bien

visto «quemar petróleo», esto es: juntarse blanco o blanca con negro o negra. También acudían mujeres y nadie era excluido a menos que no fuera decente y se debía adorar al Dios Baco. Solía ofrecer una vez al mes a los madrugadores una cena erótica con un menú tan incitante que consistía en rabo encendido, lengua estofada y de postre: papaya en almíbar.

El bar tenía la particularidad de que los clientes eran declarados propietarios y que lo mismo podía degustar un chorizo de gocho, así anunciado, o unas sardinas de Vigo, tomarse uno de los cócteles que inventaba el propietario: el «Atila frente a Roma», «Espérame en el Cielo» y «Cuba en Llamas», además del que llevaba su sobrenombre de «Bigote de Gato», cuyos ingredientes eran raíz de garañón, palo malambo, jengibre, miel de abejas, ron, ajo, limón y extracto de cerebro de gorrión, y hay quien asegura que elaboraba una bebida muy estimulante para enamorados en crisis.

Se paseaba ostentando con particular orgullo su estrafalaria figura por El Cotorro, Luyanó y por la Ciudad de La Habana toda, donde se hizo muy popular. La gente se acostumbró a su inofensiva y pintoresca presencia. Al verlo pasar, con disimulada y picaresca sonrisita criolla, se burlaban de su estampa, detalle que, al parecer, no le importaba en lo absoluto.

Bigote de Gato se definió a sí mismo como un bohemio, «nacido para hacer felices a las mujeres». Su fama cruzó nuestras fronteras en forma de melodía, cuando sirvió de inspiración a la conocida guaracha del compositor Jesús Guerra popularizada por Daniel Santos y la Sonora Matancera, que lo describía:

«Bigote de Gato es un gran sujeto, / que vive allá por el Luyanó / y tiene el pícaro unos bigotes / que son de toda la admiración...»

En el año 2000 fue homenajeado por sus 90 cumpleaños en una lindísima actividad organizada por la Federación Asturiana y otros, en la cual el Ministerio de Cultura lo premió con una botella de Ron y etiqueta muy especial dedicada a su figura y la Oficina del Historiador de la ciudad le concedió una atención vitalicia.

Manuel Pérez Rodríguez, es decir Bigote de Gato muere en La Habana, el día 11 de julio del año 2003.

2. La piedra caliza de Cuba es muy joven, pues el archipiélago se formó apenas en el mesozoico y toda la roca es sedimentaria. Por eso la expresión tan sobria de los detalles en los edificios de piedra de la Habana. Toda la piedra que se encuentra tallada de manera profusa, en pórticos y otros elementos es piedra traída de España como lastre en los barcos.
3. En las dosificaciones de los morteros Cal se refiere a la masilla de Cal o Hidróxido de Calcio que se obtiene cuando ponemos a hidratar la cal aérea en un estanque o artesa de agua.
4. Es un porciento bajo y se establece en relación con la cantidad de masilla de cal, no a la cantidad total de la mezcla. Se utiliza para hacer hidráulico los morteros a base de cal aérea.
5. Agua enriquecida con silicatos que se obtiene en las artesas de Hidróxido de Calcio con el agua que excede el nivel de la Cal.
6. Obtenida de la molienda de desechos cerámicos provenientes de tejas y otros elementos, los cuales fueron cocidos a más de 600 grados, y el polvo que se obtiene es rico en sílice y alúmina, el cual se utiliza como una puzolana activa al brindarle a los morteros de cal aérea propiedades hidráulicas.
7. Material que posee entre otras las propiedades naturales de absorber los olores y la humedad. Triturado hasta obtener un polvo fino fue utilizado en el periodo colonial para erradicar tanto los olores como las humedades, al atraer la humedad retenida en los interiores de los muros hacia la superficie más rápidamente.
8. Esta es una solución alternativa a la del Añil, que se utilizó en la etapa colonial para intentar erradicar los insectos comederos de madera. Se obtiene a partir de la corteza de la planta de Mangle rojo bien seca y oxidada bajo los rayos solares y posteriormente colocada en un recipiente de agua y alcohol al 50%.
9. Se refiere a la teja árabe que inicialmente llegaba a la Habana en los barcos provenientes de la península como lastre. Posteriormente se comenzó a fabricar en la isla adoptando el nombre de teja criolla.

Lista de referencias

Arena, D. L. (1867). *Carpinteria de lo blanco y tratado de alarifes.* Madrid: Imprenta de Manuel Galiano.

Pezuela, J. d. (1863). *Diccionario geográfico, estadístico, histórico, de la Isla de Cuba* (Vol. 3). Madrid: Imprenta del Establecimiento de Mellado.

Puig, F. P. (1947). *El Pre Barroco en Cuba.* La Habana: Diputació de Barcelona.

Toraya, J. d. (2001). *500 Años de Construcción en Cuba.* La Habana: Chavín.

Torre, J. M. (1857). *La Habana Antigua y Moderna.* Habana: Imprenta de Spencer y Compañía.

Weiss, J. E. (1978). *Techos coloniales cubanos.* La Habana: Editorial Arte y Literatura.

Weiss, J. E. (2002). *La Arquitectura Colonial Cubana. Siglos XVI al XIX.* La Habana-Sevilla: Junta de Andalucía.

Impresión 3D y videomapping. Aplicación de la fabricación y diseño digitales a la representación del patrimonio arquitectónico

Enrique Sancho Pereg
Francisco González Quintial

Resulta comúnmente aceptado el hecho de que las herramientas de diseño digital (CAD) formen ya parte inseparable de todo elemento del proceso arquitectónico. Los procesos asociados a estas herramientas están modificando aspectos no solo del diseño (Pottmann, 2007), sino también de la captación y la gestión de datos diversos, de la incorporación de procesos paramétricos (Carpo, 2011), de la computación (Terzidis, 2006) y el acceso a las tecnologías de auto-fabricación entre otros. Esta evolución ha sido proporcional al exponencial acceso a las computadoras personales y desde hace algún tiempo a una similar proliferación en el uso de herramientas de fabricación digital hasta ahora inexistentes o inasequibles (Kolarevic, 2003).

La utilización de modelos 3D generados por estos sistemas y empleados en la representación y estudio del patrimonio abren las puertas a nuevas y amplias posibilidades (Iwamoto, 2009). Diseñar (CAD) y fabricar (CAM) de forma completamente integrada en un proceso digital ofrece resultados de gran precisión y economía.

> El objeto de este artículo es realizar una presentación del resultado de un proceso integrado de diseño y fabricación digital aplicado al patrimonio construido. En este caso concreto al estudio del faro de Chipiona dentro de la línea de investigación de aplicación de herramientas digitales del Máster Universitario en Rehabilitación, Restauración y Gestión Integral del Patrimonio Construido y de las Construcciones Existentes de la EHU-UPV.

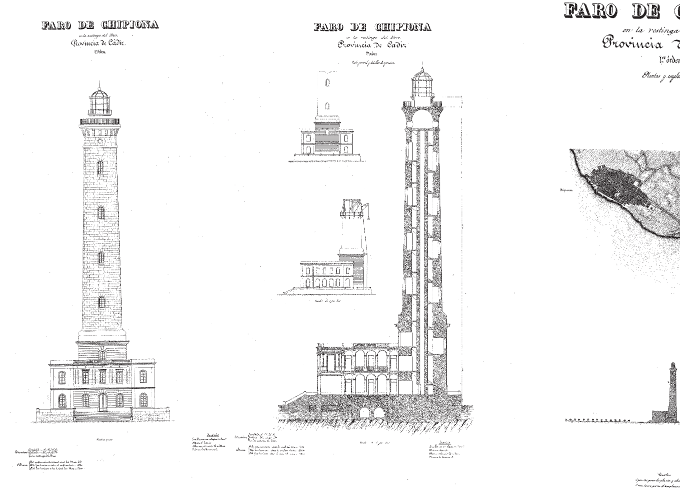
Las herramientas digitales de dibujo nos permiten trasladar una información analógica, en este caso una planimetría decimonónica existente (figuras 1 y 2), a un entorno virtual tridimensional. Hasta este punto el proceso resulta familiar, pudiéndose emplear el modelo en diferentes estudios realizados dentro del propio entorno virtual, como pueden ser análisis estructurales y constructivos de diversa índole. Mas allá es posible la utilización del modelo 3D como elemento generador de objetos físicos y la utilización del nuevo objeto físico como soporte de nuevas formas de estudio y proyectación sobre el objeto arquitectónico. De la combinación de estas dos técnicas, la fabricación digital y el videomapping, surge nuestra propuesta.

Video mapping

La técnica de videomapping (figura 3) se utiliza sobre edificios existentes aprovechando su relieve y utilizándolos como una pantalla multifacetada. Generalmente en exhibiciones al aire libre o en espacios interiores donde se suple la ausencia de pantallas o de un elevado número de proyectores donde usando un único elemento emisor conseguimos adaptarnos a su volumetría (Contin, Paolini y Salerno, 2014).

Impresión 3D

La fabricación digital es una tecnología cada vez más común en procesos arquitectónicos. Desarrollamos un precedente en la realización a escala 1/50 de la torre Zagrí de Tauste (Zaragoza).



Figuras 1 y 2
Planimetría original del Faro de Chipiona (Jaime Font. 1867).

En el caso de la torre Zagrí (figura 4) y dado su carácter meramente representativo de una realidad constructiva que pretendía dar respaldo a la tesis sobre su datación, no parecía necesaria la utilización de elementos cromáticos. Sin embargo al emprender la reproducción del faro de Chipiona surgió la cuestión no sólo de cómo aplicar el color sino de cómo incluir la posibilidad de utilizar el objeto físico como soporte para la realización de estudios cromáticos y lumínicos, aspecto fundamental en la intervención en el



Figura 3
Ábside de San Telmo, Donostia (Arteklab 2014).

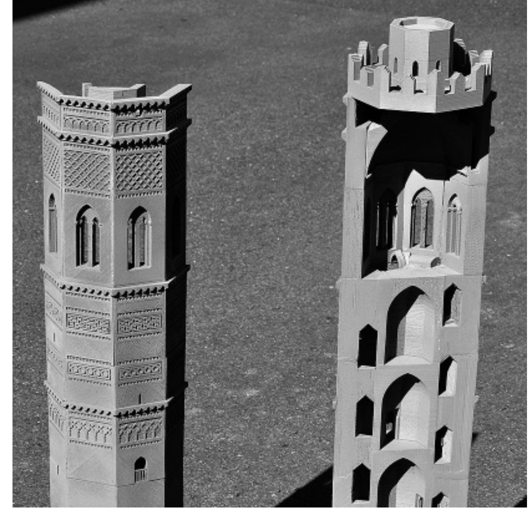
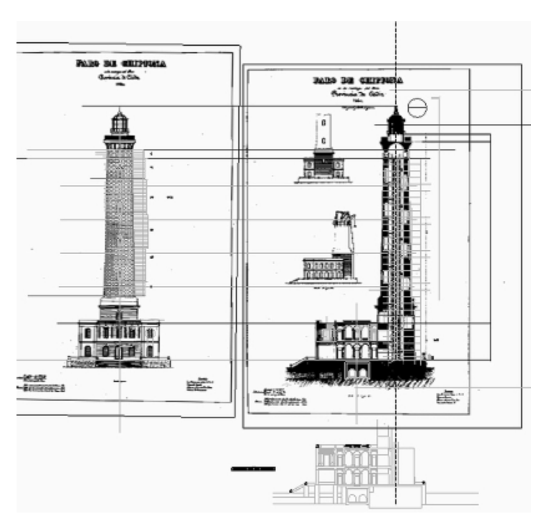
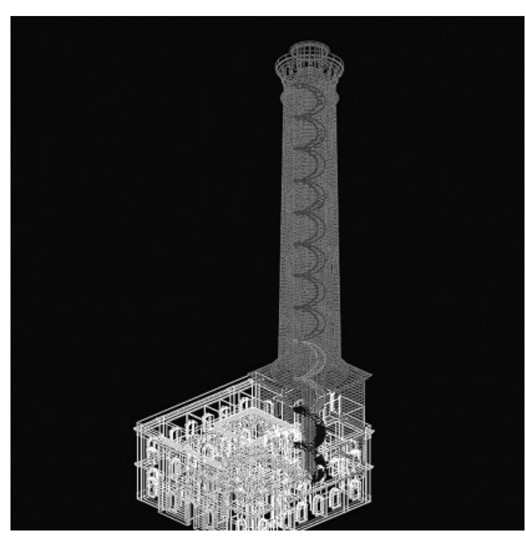


Figura 4
Torre Zagrí. Tauste. Impresión 3d (Autor, 2016).





Figuras 5 y 6
Digitalización de archivos existentes. S. XIX y modelado 3d resultante (Autor, 2016).

patrimonio, de una forma simple y económica. Habiendo ensayado ambas tecnologías se decide superponerlas.

El proceso se puede resumir como sigue; tras la recopilación de documentación y la elaboración del modelo virtual tridimensional (figuras 5 y 6) se planifica el proceso de fabricación. La fragmentación del modelo 3D (figura 7) es necesaria en mayor o menor medida por cuestiones de adaptación a las herramientas de impresión (figura 8). En este caso se emplearon originalmente máquinas que podían fabricar piezas de 200 x 200 x 200 mm y aunque posteriormente se incluye-



Figura 7
Render texturizado e iluminado (Autor, 2016)

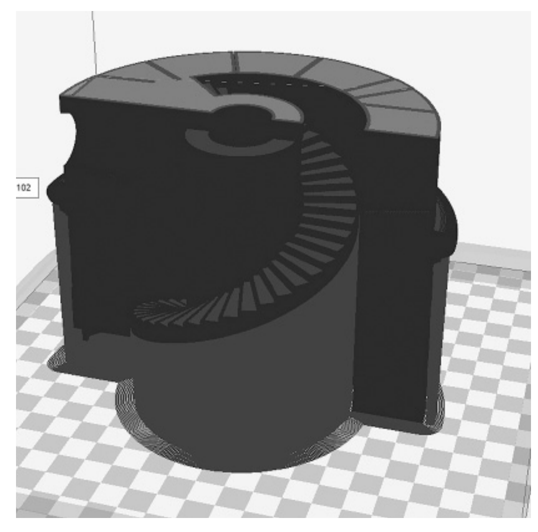
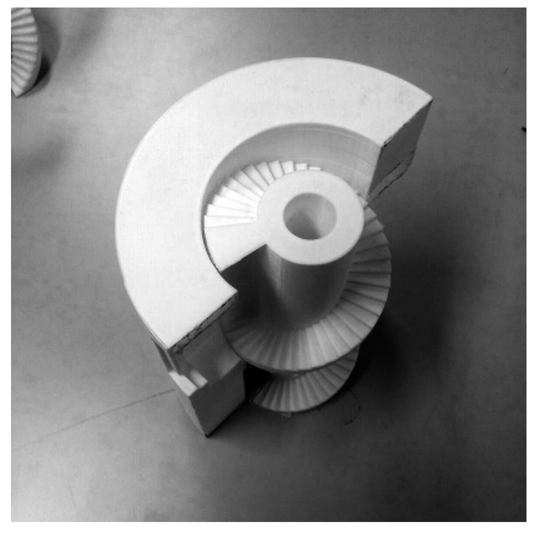


Figura 8
Archivo CAM previo a impresión digital (Autor, 2016)





Figuras 9 y 10
Piezas impresas 3d previo montaje (Autor, 2017).

ron máquinas de mayor formato en la producción de las distintas partes del modelo físico final se mantuvo esta modulación (figuras 9 y 10).

La composición tridimensional elegida permite representar en este caso una sección longitudinal a través del plano de simetría cara a una posible exposición posterior del modelo abierto dado su interés compositivo y constructivo.

Posteriormente se procede al estudio virtual del color, material, iluminación natural o artificial y a la correspondiente creación de las imágenes que van a ser empleadas en el mapeado del modelo sólido.

Obtenido el modelo físico tridimensional (figura 11) se procede a implementar la técnica del videomapping, como si se tratase de un renderizado sobre un elemento físico; aplicación de colores, iluminación y materiales que culminan en la simulación del edificio como un prototipo físico completo.

El proceso de aplicación de la máscara sobre el objeto físico se realiza mediante proyectores de imagen que superponen las obtenidas simulaciones gráficas sobre la reproducción fabricada mediante prototipado rápido obteniendo como resultado un holograma sólido en el que la imagen se adapta al objeto como una pátina o acabado, con el añadido de que esta piel puede ser modificada, creando un conjunto similar a una imagen viva del objeto arquitectónico (figura 12).

Podemos concluir que este sistema supone una evolución desde la conceptualización abstracta convencional que la planimetría clásica ofrece hacia una concreción material cercana al modelo pero con mayores posibilidades dada su versatilidad y rápida edición y transformación.

Desde el momento en que disponemos de un modelo virtual tridimensional, las posibilidades, debido a la rapidez en la obtención de diferentes imágenes ciertas del edificio nos permite realizar múltiples estudios e hipótesis. Podemos cambiar la naturaleza de la iluminación ya sea esta natural o artificial o simplemente estudiar diferentes resultados de aplicar texturas y materiales o incluso mostrar la degradación de estos mismos materiales sujetos a diferentes condiciones atmosféricas.

Se demuestra que la representación virtual y física de modelos a escala permite no solo exponer si no también emplearse en la realización de estudios e hipótesis desde el punto de vista físico, estructural, constructivo, cromático, etc. El resultado que se mostrará es una simbiosis entre realidad y virtualidad utilizando un objeto físico tridimensional como pantalla receptora de una imagen o video que se adapta a la geometría del mismo mediante el proceso de videomapping descrito.



Figura 11
Modelo impreso 3d (Autor, 2017).



Figura 12
Estado cromático y materiales actuales (Autor, 2017)

Lista de Referencias

Carpo, Mario. 2011. *The alphabet and the algorithm.* MIT Press, Cambridge.

Contin, Antonella; Paolini, Paolo y Rossella Salerno. 2014. *Innovative Technologies in Urban Mapping: built space and mental.* Springer Science & Business Media.

Iwamoto, Lisa. 2009. *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques.* London. Princeton Architectural Press.

Kolarevic, Branko. 2003. *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing.* New York. Spoon Press.

Pottmann, Helmut; Asperl, A.; Hofer, M. y A. Kilian. 2007. *Architectural Geometry*. Exton. Bentley I. Press.

Terzidis, Kostas. 2006. *Algorithmic Architecture*. London. Architectural Press.

Fortaleza de Santo Amaro: una mirada de España en el Brasil

Elcio Rogerio Secomandi

El Puerto de Santos puede enorgullecerse de haber contribuido a escribir la historia de Brasil, cuya grandeza territorial alcanzó el tamaño máximo que le dio el Tratado de Madrid (1750), ratificado por el Tratado de San Ildefonso (1777).

La colonización oficial de Brasil comenzó en la parte central de una larga y angosta planicie costera, otrora cubierta por la Mata Atlántica, donde hay dos canales de navegación estrechos que se aproximan a las «murallas de piedra» de la Sierra del Mar. En esta región, entre las islas de San Vicente y Santo Amaro, Martim Afonso de Souza, el Capitán General del Brasil colonial, llegó en 21 de enero de 1532, con su flota, después de reconocer la línea de costa poco recortada de la América del Sur, desde la desembocadura del Amazonas hasta la desembocadura del Río de la Plata.

Y fue así que las villas de San Vicente y Santos surgieron en los espacios protegidos por la naturaleza y lejos de las vistas del mar abierto y de los fuegos de los cañones de los piratas y corsarios. La flota, con cinco naves, se componía de "hidalgos, élite militar, soldados portugueses, mercenarios franceses e italianos, bombarderos, ballesteros y espingarderos" (EME/HEB 1972, 44).

Después de organizar la ocupación de la bahía de Santos y vencer las alturas de la Sierra del Mar para llegar a la Meseta Brasileña (1544), las fuerzas paramilitares de los «Bandeirantes» salieron de San Paulo para conquistar y poblar las llanuras centrales del Brasil continental. A lo largo de los siglos XVI al XVIII se ha erigido un complejo sistema de defensa del estuario natural entre las islas de San Vicente y Santo Amaro para proteger la base de operaciones militares en la Bahía de Santos, esencial para el pasaje de las operaciones navales en mares revueltos para la profundización de las conquistas de nuevas tierras nunca antes exploradas.

Explotación

El sistema de defensa del Puerto de Santos y su evolución

La arquitectura militar de protección a los accesos marítimos de la antigua sede de la Capitanía de San Vicente se basa en un legado de seis fortificaciones coloniales, dispuestas en tres cortinas de defensa, construidas en duplas de lados opuestos para cruzar fuegos sobre los accesos marítimos a la villa de Santos:_en el Norte, el Fuerte San Juan (1551) y el Fuerte San Felipe (1557), sustituido por el Fuerte San Luiz (1770), realizando una cobertura avanzada del acceso marítimo a la villa de Santos por el canal marítimo de Bertioga; hacia el Sur, en el acceso al estuario a la misma villa, los españoles erigieron la Fortaleza de Santo Amaro (1584) y los portugueses, dos centinelas avanzados, el Fuerte Augusto (1734) y el Fortin del Góes (1767); y para la defensa aproximada se construyeron el Fuerte "Nuestra Señoras de Monte Serrat (1543) y la Fortaleza Vera Cruz do Ita-



Figura 1.
Tratado de Madrid

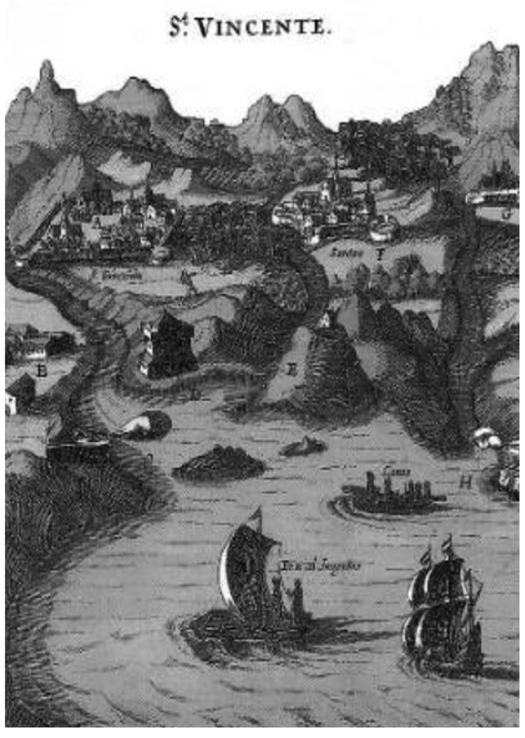


Figura 2.
Mapa San Vicente de “Reys-boeck van het rijcke Brasillien, 1624

pema (1738). Para proveer apoyo logístico militar a las fortificaciones se construyó en el centro de la ciudad vieja de Santos, la Casa del Tren Bélico (1734).

Con la evolución de la artillería de costa, en respuesta a la evolución de la artillería naval, el sistema de defensa del puerto pasó a ocupar posiciones estratégicas más avanzadas para el mar abierto. Al principio del siglo XX la Fortaleza de Santo Amaro fue sustituida por la Fortaleza de Itaipu (1902). Ambas (Santo Amaro y Itaipu) fueron construidas con solidez para durar siglos y llegan, impolutas, a un nuevo milenio en la vigilancia de los mares, playas, manglares y acantilados que bordean la Bahía de Santos. El complejo Itaipú (fuertes Duque de Caxias, Jurubatuba, Rego Barros e instalaciones de apoyo) está asentado sobre una pequeña sierra costera, que acompaña la costa Oeste de la Bahía de Santos. La costa Leste, con las mismas características y el mismo grado de preservación ambiental abriga el Fuerte de los Andradas (1942), construido para proteger el puerto en la inminencia de la II Guerra Mundial.



Figura 3.
Calzada de Lorena: c. 1825, deseño de Hércules Florence

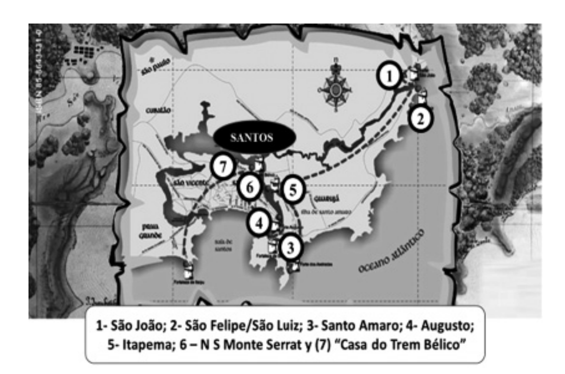


Figura 4.
Mapa de las fortificaciones coloniales de defensa del Puerto de Santos, Secomandi y André Meireles



Figura 5.
Composición: fotos, mapa y deseños, Fortaleza de Itaipu y Fuerte de los Andradas, Victor Hugo Mori/Iphan

Hoy en día, además de su pujanza económica y política, el área metropolitana de Santos, que alberga en su parte central al Puerto de Santos, puede estar orgullosa de haber conservado casi todos los monumientos arquitectónicos de origen militar, que se convirtieron en testigos de una larga historia de asentamientos y conquistas territoriales, entre las cuales la primera y la última fortificación construidas en Brasil: Fuerte San João, 1551, y Fuerte de los Andradas, 1942.

Este sistema defensivo tiene una particularidad administrativa única: Fuerte San Juan - Ayuntamiento de Bertioga; Fuerte San Luiz (ruínas) – IPHAN (Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional); Fortaleza de Santo Amaro - Ayuntamiento de Guarujá; Fortaleza de Itapema - Aduana de Santos; Casa del Tren



Figura 6.
Fortaleza de Santo Amaro iluminada, Antônio Carlos Freddo

Bélico - Ayuntamiento de Santos; Fortaleza de Itaipu y Fuerte de los Andradas - Ejército Brasileño.

Las dos fortificaciones coloniales más expresivas y más antiguas– San Juan y Santo Amaro – permanecen en pie desafiando el tiempo, las intemperies y, a veces, el descuido terrible y también, mantienen sus características coloniales. Ambas están en la Lista Indicativa del gobierno de Brasil para concurrís al título de Patrimonio Mundial por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), previsto para el período 2020 a 2025.

La fortaleza de Santo Amaro

La Fortaleza de Santo Amaro es la única fortificación de origen español en el Brasil y objeto de esta Comunicación, por su origen, por el más completo proyecto de restauración realizado a finales del siglo XX y uso cultural alternativo.

Aspectos históricos, su origen

En 1580, Felipe II, rey de España, ascendió al trono portugués, ampliando un vasto imperio que permane-

ció unido hasta 1640. Piratas y corsarios de los reinos enemigos fustigaban los dominios y las rutas comerciales de la corona española, obligándola a fortificar sus ciudades, villas y factorías prósperas de las colonias ultramarinas.

Al inicio del largo período de unión de las coronas ibéricas (1580–1640), el almirante Don Diego Flores Valdés, Capitán General de las Costas de Brasil, recorrió la costa poco recortada de América del Sur, con dieciséis naves de la Armada Invencible española, entre septiembre de 1582 y mayo de 1584. Además de la misión principal que le fue atribuida por Felipe II —fortificar el Estrecho de Magallanes y hacer asumir al gobernador, Pedro Sarmiento de Gamboa— Valdés aportó en las principales bahías del Brasil-Colonial para reconocer, abastecer e indicar simbólicamente a los habitantes de la tierra que ahora estaban bajo el dominio de España.



Figura 8.
Texto de la carta de Valdés y fotos Secomandi

En la tarde de 24 de enero de 1583, el proyecto de construcción de la Fortaleza de Santo Amaro nació bajo el tronar de los cañones, en una batalla que tuvo lugar en la Bahía de Santos, entre tres buques de la Armada Invencible española (*Almirante,Concepción y Begonia*) y dos buques de un corsario inglés Edwad Fenton que estaban abasteciéndose para dirigirse al sur y alcanzar el Océano Pacífico. Fenton fue obligado a retornar a Inglaterra sin cumplir con su misión, pero se vengó en 1588 comandando el buque Mary Rose en la batalla que destruyó la Armada Invencible de Felipe II. La fortificación fue erguida en la embocadura del estuario del Puerto de Santos, con proyecto atribuye a Battista Antonelli, arquitecto militar que acompañaba la escuadra española del almirante Valdés. Su certificación de nacimiento, con 12 páginas manuscritas, se encuentra en el Archivo General de Indias, Sevilla, España, de 5/8/1583, charcas 41, Doc. 27, en la página 6 del segundo informe enviado por el almirante Don Diego Flores Valdés al rey Felipe II de España (Felipe I de Portugal).

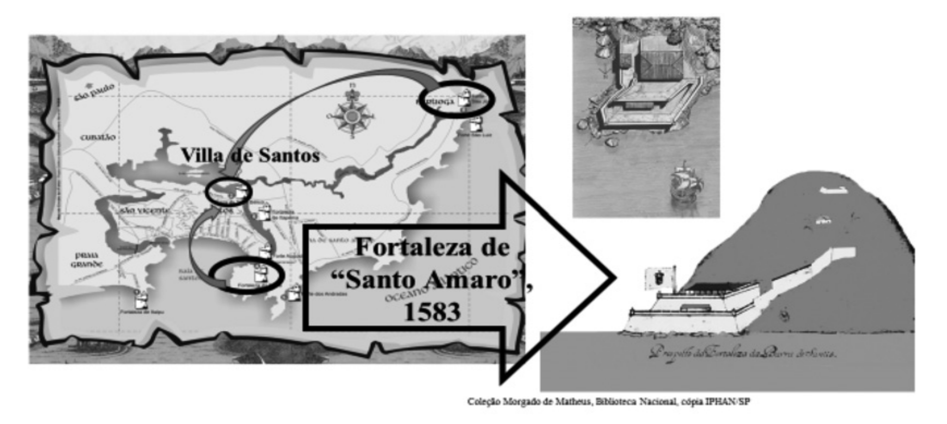


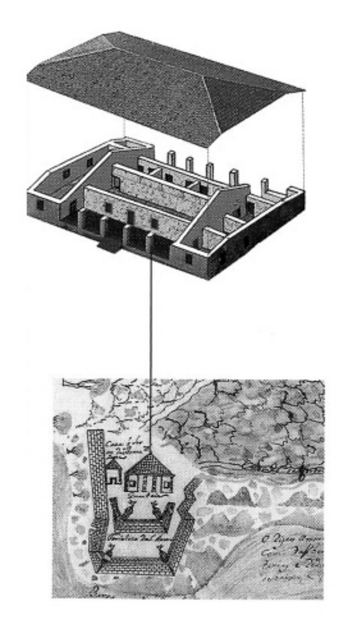
Figura 7.
Mapa del Circuito de las Fortificaciones, deseños de Victor Hugo Mori

La Fortaleza de Santo Amaro e sus guarniciones de soldados enfrentaran otros combates contra piratas, corsarios, aventureros y, por más de cuatrocientos años, vigila todas las embarcaciones que navegan las aguas que están delante de sus murallas para atracar en el Porto de Santos. Con el pasar de los siglos fue ampliada, remodelada y ha ganado, en el siglo XVIII, dos centinelas avanzados: el Fuerte del Castro (hoy Museo de la Pesca) y el Fortin del Góes.

Fue de este modo, con esta misión de vigilancia y de registro del puerto (fiscalizar, verificar la situación sanitaria y cobrar impuestos), que la fortificación surgió en la ladera costera del espolón rocoso en la entrada del estuario del Puerto de Santos, con vista a todas las playas de la Bahía de Santos y amplio dominio sobre la desembocadura del estuario que alberga al puerto más grande de Brasil. En 1905, la fortificación española perdió su valor estratégico y fue sustituida por la Fortaleza de Itaipu, situada en el contrafuerte sur de la Bahía de Santos. Después de ser desactivada, se convirtió en Círculo Militar de Santos hasta 1965, cuando fue declarada Patrimonio Histórico Nacional y entregue al IPHAN (Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional) , órgano realizador del Ministerio de la Cultura.

Obras de restauración a finales del siglo XX

Al completar los 400 años (1583–1983), la Fortaleza de Santo Amaro estaba abandonada, era despreciada y asaltada por vándalos, casi perdida en el polvo del tiempo y por falta de atención de la sociedad que defendió con el tronar de sus cañones. Pero, de las ruinas (1983), resurgió diez años después (1993) como la «ave Fénix», por acciones conjuntas del Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional, de la Sociedad Vizconde de São Leopoldo, de la Universidad Católica de Santos y de la Municipalidad de Guarujá, Estado de San Paulo, SP. La UniSantos, primera universidad particular de Brasil en aceptar la tarea de apadrinar una fortificación del siglo XVI, transformó su ambiente guerrero en excelente escenario para la realización de eventos culturales, sociales, artísticos, históricos, ambientales, deportivos y comunitarios. Sin dudas, es el complejo arquitectónico militar más representativo del Estado de São Pau-





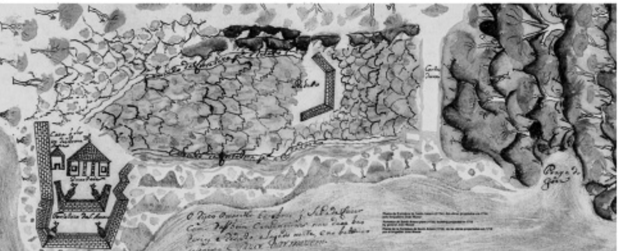


Figura 9.
Deseños de la Fortaleza de Santo Amaro/ Iphan

lo y un baluarte del conjunto de fortificaciones coloniales que protegían a la antigua villa y el Puerto de Santos. En 2014, se convirtió en el Museo Histórico Fortaleza de Santo Amaro, administrado por el Ayuntamiento de Guarujá, SP.

El proyecto de restauración de la Fortaleza de Santo Amaro, emprendido a finales del siglo XX, por el Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional fue estudiado y madurado por casi cincuenta años. Victor Hugo Mori, arquitecto del IPHAN, dedicó un capítulo entero de su libro, Arquitectura Militar, a las obras de restauración y su interpretación a la luz de las diversas teorías, en especial a la Carta de Venecia (1964) cuando prescribe al final del capítulo sobre el proyecto de restauración: «todo trabajo complementario reconocido como indispensable por razones estéticas o técnicas, se destacará de la composición arquitectónica y deberá ostentar la marca de nuestro tiempo» (Mori 2003, 162–180).

En actividad por más de trecientos años, en el siglo XX ha ganado una moderna cobeirta de acero cos-a-cor, proyecto de Lúcio Costa, uno de los constructores de Brasilia. También ganó un enorme panel, Viento Rojo, de Manabu Mabe, que cubre toda la pared del antiguo altar de la Capilla de Santo Amaro. Hoy, la Fortaleza alberga el Museo Histórico Fortaleza de Santo Amaro, SP, Brasil, y guarda recuerdos de hace muchos siglos, ostenta el título de patrimonio histórico nacional (1967) y está presente en la Lista Indicativa del Brasil enviada a la Unesco para competir por el título de Patrimonio de la Humanidad.

La explotación turística y cultural del sistema defensa del Puerto de Santos

La explotación turística y cultural de este fantástico sistema defensivo colonial, denominado *Ruta Turística de las Fortalezas*, surgió por iniciativa del gobierno estadual (Resolución SCTED - 04, de 11/02/2004), con el fin de promover la recuperación de un rico patrimonio histórico-militar, representado por estas tres cortinas de fortificaciones coloniales, sumando a la Casa del Tren Bélico como eje del proyecto turístico. Pero sólo em 2011 surgió como producto turístico a partir de una visita técnica realizada durante el *7º Seminario de Ciudades Fortificadas*, Bertioga, con el propósito de atraer la atención de las personas y de las instituciones que se preocupan con la Educación Patrimonial.



Figura 10.
Fotos Victor Hugo Mori

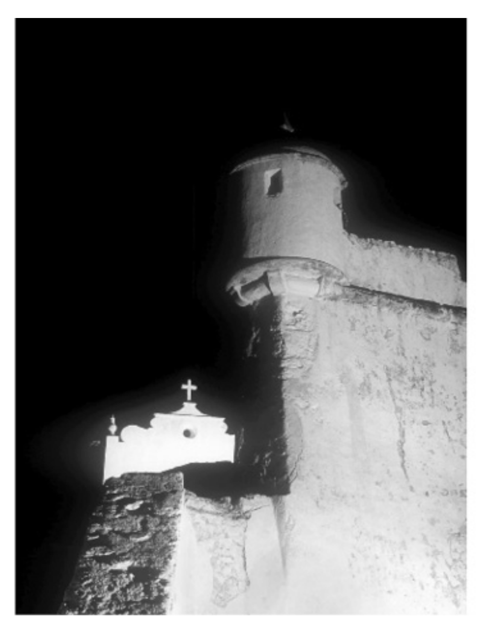




Figura 11.
Fotos Antonio Carlos Freddo, Berenice Kauffman e Victor Hugo Mori

También hay que señalar que el Puerto de Santos puede presumir de nosotros haber dejado muchos ejemplos de la arquitectura colonial de la defensa. Tales recintos arquitectónicos hoy sirven al turismo histórico y otros eventos culturales. Así, la sociedad local y las autoridades de los ayuntamientos son responsables por su protección y uso alternativo, como se hace con calles, plazas, jardines y otros bienes públicos. Esta tendencia inexorable y saludable ocurre en todo el mundo y los municipios que albergan las fortificaciones coloniales de nuestra región: Bertioga, Guarujá, Praia Grande y Santos nos están dando excelentes ejemplos de cuidados de los patrimonios públicos que pertenecen a todos nosotros.

Conclusión

Con el propósito de incentivar la producción de trabajos académicos y/o técnicos sobre el patrimonio histórico-militar, estamos desarrollando diversas actividades en el área Educación Patrimonial, para aprovechar la inclusión de diecinueve fortificaciones coloniales de Brasil en la Lista Indicativa de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) para competir por el título de Patrimonio Mundial. El camino a recorrer es largo y exhaustivo, y se torna necesaria una manifestación positiva de parte de la sociedad sobre la inclusión de las dos fortificaciones coloniales de defensa de Puerto de Santos.

Como ya sabemos, realizar un informe sobre diecinueve fortificaciones, situadas en diversos estados del país y con diversas instituciones administrativas, no resulta una tarea fácil, sin embargo, es preciso un comienzo y es esto lo que buscamos desarrollar a partir de ahora, en la región que alberga el mayor puerto de América del Sur, haciendo foco en el sistema defensivo colonial del Puerto de Santos. A fin de cuentas, faltan dos años: 2018 hasta septiembre de 2019 para remitir el informe a la UNESCO, con propuestas para el 2020.

Estamos, por lo tanto, editando libros y libretes en ediciones digitales y también un conjunto de acciones educativas relacionadas con nuestro patrimonio cultural, buscando alcanzar a «personas que se reúnen para construir y compartir nuevos conocimientos, investigar para conocer mejor, entender y transformar la realidad que nos rodea» (IPHAN).



Figura 12.
Portada del libro

Notas

Reconocimiento especial a los responsables, durante muchos años, por la restauración y conservación de las fortificacions del Estado de São Paulo, para competir por el título de Patrimonio de la Humanidad, el autor de esta comunicación ofrece ejemplares del librete *Bienvenido a la fortaleza de Santo Amaro*, también disponible en la versión digital en el sitio web: www.secomandi.com.br/fortalezadabarra

En el sitio web www.secomandi.com.br/disseratacao se encuentra una propuesta de disertación sobre el tema Educación Patrimonial, presentado en el Simposio ICOMOS BRASIL 2017. Las tres cortinas coloniales de defensa del Puerto de Santos, desplegadas al norte, al sur y en el centro (defensa aproximada) pueden contemplarse en el sitio: www.unisantos.br/circuitofortes.

En el sitio: www.unisantos.br/fortifications se tiene varios estudios sobre Educação Patrimonial – Fuertes y Fortalezas. El libro *Puerto de Santos: Armada en el mar y Banderas en la tierra*, disponible em el sitio: www.secomandi.com.br , capítulo 11, describe algunos eventos culturales importantes realizados en los últimos años.

Lista de referencias

Andrade, Wilma Therezinha Fernandes de. 2001. *Presença da Engenharia e Arquitetura na Baixada Santista*. S. Paulo: Nobel.

Brigada de Artilharia Antiaérea, 1ª 2º. *Forte dos Andradas*. Disponível no site institucional: www.1bdaaae.eb.mil.br.

Grupo de Artilharia Antiaérea, 2º. *Fortaleza de Itaipu*. Disponível no site institucional: www.2gaaaae.eb.mil.br.

Barreto, Anibal. 2010. *Fortificações do Brasil*. Rio de Janeiro: Bibliex.

Bogéa, Kátia. 2017. Cooperação e parceria são temas dos debates no Seminário Internacional Fortificações Brasileiras**.** Site do Iphan, Notícias, 6 de abril de 2017.

Calixto, Benedito. 1927. *Capitanias Paulistas*. São Paulo: autor.

Camões, Luiz de. *Os Lusíadas*. (disponible en http://oslusiadas.org)

Castro, Adler Homero da Fonseca. 2003. *Muralhas de Pedra, Canhões de Bronze, Homens de Ferro: Fortificações do Brasil de 1504 a 2006*. Rio de Janeiro: FUNCEB.

EME/HEB: Estado-Maior do Exército. 1972. *História do Exército Brasileiro: Perfil Militar de um Povo*. Brasília: Fundação IBGE.

Fundação Cultural exército. Revistas DaCultura. Disponibles en: www.funceb.org.br/revista.asp.

Ferreira, Arnaldo Medeiros. 2004. *Fortificações Portuguesas no Brasil*. Lisboa: ELD/Circuito de Eleitores.

Frigério, Angela Maria G., Andrade, Therezinha F. de Oliveira, Yza Fava. Santos. 1992. *Um encontro com a História e a Geografia*. Santos: Editora Leopoldianum.

IPHAN. Notícias/detalhes sobre as 19 fortificações indicadas para Patrimônio Mundial: disponível no portal: http://portal.iphan.gov.br/, Notícias/detalhes 4507 e 4571.

Madre de Deus, Frei Gaspar. 1953. *Memórias para a História da Capitania de São Vicente.* São Paulo: Martins.

Magalhães. J.B. 2002. *A Compreensão da Unidade do Brasil*. Rio de Janeiro: Bibliex.

Mori, Victor Hugo. 2003. *Arquitetura Militar: Um panorama Histórico a Partir do Porto de Santos*. São Paulo: IOESP/FUNCEB.

Munoz Junior, J. 1982. *Fortes e Fortificações do Litoral Santista*. Santos: Obra do autor.

Pereira, Jorge da Cunha. *Tropas militares luso-brasileiras nos séculos XVIII e XIX*. En http://buratto.org/gens/gn_tropas.html.

Salgado, Robnaldo y Eraldo Silva. 2000. *Fortaleza da Barra Grande. Patrimônio Histórico Recuperado*. Santos: Leopoldianum.

Secomandi, Elcio Rogerio. 1993. *Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande: A História, a batalha, as crônicas, as intenções*. Santos: Leopoldianum (55) 116–127.

Secomandi, Elcio Rogerio. 2003. *Fortaleza de Santo Amaro*. Santos: Leopoldianum.

Secomandi, Elcio Rogerio. 2005. *Circuito Turístico dos Fortes*. Santos: Leopoldianum.

Secomandi, Elcio Rogerio. 2016. *Fortaleza de Santo Amaro*. São Paulo: Nagevar.

Secomandi, Elcio Rogerio. Diversas publicações, disponíveis nos sites educacionais:
www.secomandi.com.br e www.unisantos.br/fortifications

Secomandi, Elcio Rogerio y Clotilde Paul. 2013/2014. *Por-*

to de Santos: Armada no mar & Bandeiras na terra. São Paulo: Navegar Editora.

Secomandi, Elcio Rogerio y Clotilde Paul. 2015. *Bertioga-Rio: 450 anos depois*. São Paulo: Navegar Editora (disponible en http://www.abvc.com.br/evento.asp?IdEv=87 http://secomandi.com.br/Arquitetura/PDF/SJoao/saojoao.pdf)

VV.AA. Documentos interessantes para a história de São Paulo. *Plano de Defesa da Capitania de São Paulo, dez 1800*. Arquivo do Estado de São Paulo. VLII

Libreto

— *Benvnido a la Fortaleza se Santo Amaro.Fortaleza de Santo Amaro: uma mirada de España en el Brasil* (disponible en: www.secomandi.br/fortalezadabarra)

Sitios web g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/fortalezas-do-litoral-de-sp-podem-se-tornar-patrimonio-mundial-da-humanidade.ghtml
www.sailbrasil.com.br/?pg=jornal&p=7968
www.facebook.com/fortesdobrasil/posts/2077842769109571

La iglesia románica del Santo Sepulcro de Torres del Río. Navarra

Juan José Segú Alonso

Esta comunicación versa sobre la iglesia románica del Santo Sepulcro de Torres del Río, construida en el siglo XII. Primero estudiaremos como las iglesias medievales de planta central derivan como tipo y modelo de los *heroa* y *martyrium* de la antigüedad; y analizaremos especialmente los elementos formales y simbólicos que proceden del Santo Sepulcro de Jerusalén. Después estableceremos la relación entre composición y construcción en el edificio, analizando los sistemas constructivos románicos, y también de manera singular, las cúpulas nervadas de origen hispanomusulmán.

La iglesia medieval de planta central deriva como tipo y modelo de los *heroa* y *martyrium*

Desde la antigüedad pagana se había divinizado a sus grandes muertos, se desarrolló un culto a los héroes, los gobernantes, desde los jefes tribales hasta los reyes helenísticos y los emperadores romanos, y miembros de las familias romanas con linaje. Los lugares vinculados a sus hazañas y a sus muertes se habían señalado con *heroa*: que son construcciones que aunaban la función y las formas de los templos y santuarios con los mausoleos. En su forma más sencilla, estos *heroa* eran recintos al aire libre rematados con un nicho albergado en un edículo; en su forma más elaborada, eran construcciones cerradas: salas rectangulares provistas de ábsides, o bien rotondas cubiertas con cúpula, situadas sobre plataformas y precedidas de pórticos de columnas. (Krautheimer 1984, 36)

El Panteón de Agripa, levantado para honrar a todas las deidades del Olimpo, puede ser entendido como una síntesis de los mausoleos imperiales de Augusto y Adriano, consistentes en un túmulo en cuyo interior se encontraba la cella o capilla funeraria, y del templo griego o romano como lugar de culto a los dioses.

Fue el modelo del cual los *heroa* tomaron: la planta circular, los nichos circundantes, la cúpula celestial y un vocabulario arquitectónico. A finales del siglo III y principios del IV, los mausoleos imperiales ya no eran simples tumbas. El mausoleo de Diocleciano en Spalato (figura 1), era un templo funerario destinado a conmemorar la muerte del Emperador (Krautheimer 1984, 73). El edificio colocado sobre un pódium, es de planta octogonal al exterior y circular al interior, ocho columnas rodean la pared, dejando nichos alternativamente rectangulares y semicirculares; un segundo cuerpo de menor altura, también columnado, da paso a una cúpula hemisférica que cubre el espacio no apoyándose en las columnas. Debajo se abre una cripta y al exterior se halla rodeado por una corona de columnas, formando un porche octogonal, que en la entrada da lugar a un frente rectangular columnado, como el de un templo.

Los *heroa* y el culto a los héroes es donde se encuentra la raíz de donde surgieron los *martyria* cristianos y el culto a los mártires. Los martyria consistían en la tumba de un mártir, o un lugar que hubiera sido testigo de los sufrimientos de un mártir o de alguna manifestación de la Divinidad. (Krautheimer 1984, 36)

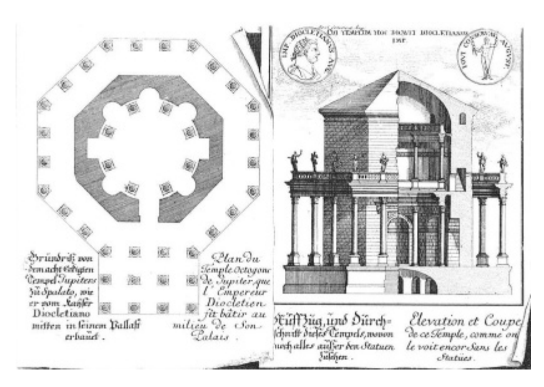


Figura 1
Planta, alzado y sección del mausoleo de Diocleciano. Spalato. (Fischer von Erlach 1978)

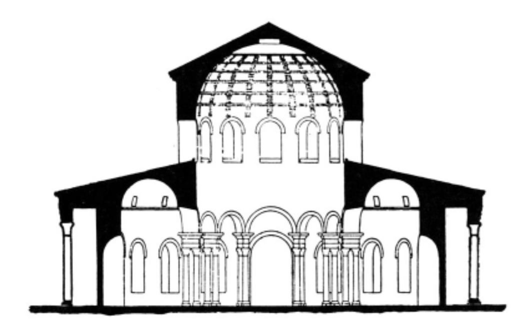


Figura 2
Sección del mausoleo de Santa Constanza. Roma. (García y Bellido 1972)

San Pedro de Roma, la iglesia de la Natividad de Belén y la basílica del Golgota son distintas soluciones a un problema similar: fusionar en un conjunto arquitectónico una sala de reunión para los feligreses y un volumen monumental para rememorar un martyrium. San Pedro era un cementerio cubierto, con una nave para las honras fúnebres y un baldaquino situado en el crucero que albergaba las reliquias de San Pedro y representaba su tumba. En Palestina, en cambio, se trataba de catedrales que albergaban en un caso la gruta del nacimiento de Cristo, y en el otro, el lugar de la Resurrección. El tipo de mausoleo imperial de planta central se adoptó en el núcleo de estas iglesias; el cuerpo basilical albergaba a los fieles y les conducía hacia el *heroon-martyrium*, que encerraba el testimonio de la presencia de Cristo en la tierra. (Krautheimer 1984, 73)

En la época de Constantino, los cristianos, aunque no rendían culto al emperador, mantenían el concepto de deificación. Se levantaron heroa imperiales de planta central que fueron adosados a los flancos o al pórtico de las basílicas cementeriales. El mausoleo de Santa Elena que se adoso al pórtico de la basílica de los SS. Marcelino y Pedro, y el mausoleo de Santa Constanza (figura 2), se adoso a un lateral de la basílica de Santa Inés (Krautheimer 1984, 73). Este último mausoleo, consiste en un núcleo central redondo, levantado sobre una arcada de doce pares de columnas y cubierto con una cúpula; el espacio central lo iluminan doce altos ventanales y lo circunda un deambulatorio con bóveda anular.

Los martyria posteriores a Constantino rehuyeron de la fusión de una estructura de planta central con un cuerpo basilical; la estructura centralizada se hizo autosuficiente, restableciéndose la tradición del *mausoleo-heroa* imperial. El modelo fue la Rotonda de la Anastasis de la basílica del Santo Sepulcro de Jerusalén (figura 3). Este complejo santuario mandado construir por Constantino en el siglo IV, constaba de una gran rotonda de 33,70 m de diámetro; su espacio central está circundado con un deambulatorio, con tres ábsides salientes, una tribuna situada sobre el

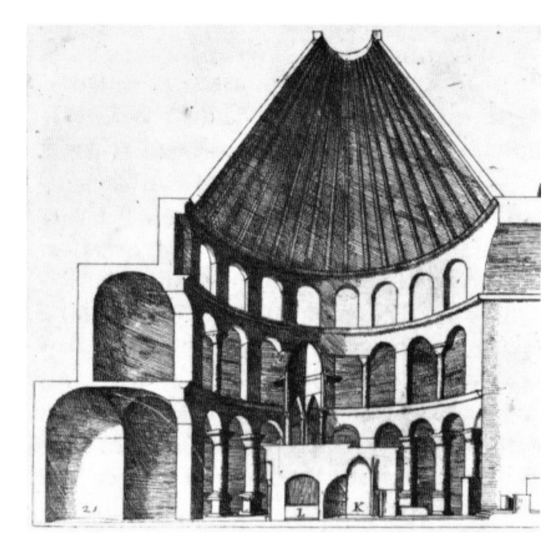


Figura 3
Jerusalén, Rotonda de la Anastasis, como era en 1609. Grabado de J. Callot. (Krautheimer 1984)

deambulatorio y finalmente sobre el cuerpo de luces una cúpula o cubierta de madera. En el centro se encontraba el sepulcro de Cristo bajo un baldaquino. (Krautheimer 1984, 85–86)

Durante el periodo medieval, la motivación principal de los viajeros era postrarse ente el sepulcro donde Cristo fue enterrado y resucito. La basílica del Santo Sepulcro fue incendiada por los persas en el 610 d.C. y mandada derribar por el Califa Hakem en el 1009 d.C., en ambos casos los trabajos de restauración se centraron sobre todo en la Anastasis. Hasta la llegada de los cruzados todas las energías tendieron a conservar la memoria de la Resurrección, por lo cual el prestigio arquitectónico de la Rotonda no hizo nada más que aumentar. En el año 1099 los cruzados conquistan Jerusalén y realizan un vasto proyecto de reconstrucción del viejo Santuario, que va a tener una gran importancia porque va a cambiar decisivamente la imagen de la basílica del Santo Sepulcro. Lo que se hizo básicamente fue convertir la iglesia-rotonda en una basílica longitudinal, mediante el añadido de un coro, un crucero, y un deambulatorio con tres capillas radiales a modo de ábsides. La iglesia tendrá a partir de ahora dos cúpulas y en el interior existen dos ámbitos diferenciados, un espacio principal de adoración, *la rotonda*, y una zona para los oficios religiosos (figura 4). (Ramírez 1981, 115–116)

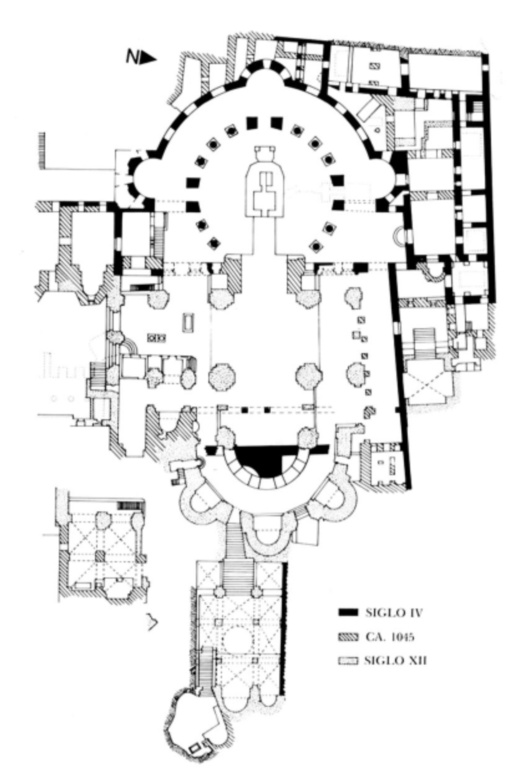


Figura 4
Jerusalén, Basílica Rotonda de la Anástasis en el Gólgota. Planta de los restos del siglo IV y construcciones posteriores. (Krautheimer 1984)

En el siglo XIX diversos estudiosos como Violet-le Duc o Lampérez, sostuvieron que las iglesias de planta central medievales se trataban de copias o evocaciones del Santo Sepulcro de Jerusalén. Tal suposición parece innegable, pero no tiene en cuenta que la interpretación formal de una planta centralizada puede remitirnos a modelos distintos del Santo Sepulcro (Ramírez 1981, 100-101).

La mezquita de la Cúpula de la Roca, levantada en el 691 d.C., es un gran edificio octogonal, con un doble deambulatorio interior, cuya parte central está cubierta con una cúpula apoyada en un tambor circular. No se trata de un simple esquema rectangular de mezquita. Se trata de un monumento que encierra la *roca*, monolito con resonancias y connotaciones para las tres religiones monoteístas. Edificio de enormes dimensiones y de gran riqueza decorativa, y dispuesto exento sobre una amplia explanada, hacía que destacase sobre sobre el resto de los edificios de la ciudad. Testimonios cartográficos del Medievo, nos muestran a la ciudad de Jerusalén presidida por el *Templo Domini*, y en un segundo plano el Santo Sepulcro con las dos cúpulas (figura 5). Esto hará que a lo largo de mucho tiempo la imagen urbana de Jerusalén, con el Templo de Salomón y la Basílica del Santo Sepulcro, como prototipos arquitectónicos y simbólicos, se mezclen en el imaginario occidental. (Ramírez 1981, 107–109)

En las iglesias medievales de planta central predominan los intentos de evocar idealmente la iglesia del Santo Sepulcro de Jerusalén. Este significado predominante se ha contaminado desde el punto de vista formal con la imagen que ofrecía a los peregrinos el Templo Domini. La iglesia de la Vera Cruz consta de un prisma dodecágono con un deambulatorio interior, y un cuerpo central también dodecágono dividido en dos pisos, que sobresale en altura al prisma principal. Al este del polígono dodecágono se construyeron tres ábsides. La planta con deambulatorio recuerda tanto al

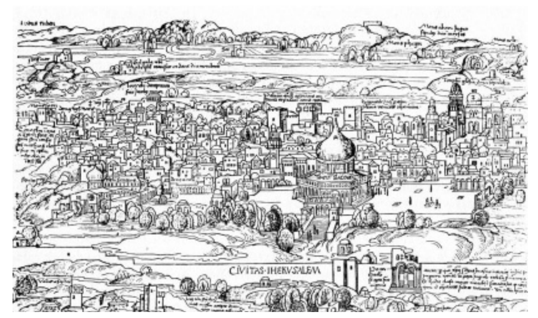


Figura 5
Fragmento de la Vista de Jerusalén grabada por Erhard Reuwich. (Ramírez 1981)

modelo del Templo Domini como a la Rotonda de la Anastasis, así como el triple ábside a las reformas que los cruzados en el Santo Sepulcro. Desde el exterior el edículo central sobre el prisma principal y la meseta castellana recordarían al volumen y situación del Templo Domini. (Ramírez 1981, 151)

La capilla de Nuestra Señora de Eunate del siglo XII (figura 6), se compone de un cuerpo central octogonal, con ábside en uno de los lados y rodeado por una arquería, pero sin enlace de aquel a esta. La capilla podría ser una réplica ideal del Templo Domini, tanto en la forma octogonal como en su aislamiento, y los arcos exentos podrían ser una imitación directa de los pórticos existentes en el Templo de Jerusalén. (Ramírez 1981, 165)

En la iglesia del Santo Sepulcro de Torres del Río (figura 7), los modelos hierosolimitanos no son tan claros, esto plantea la incorporación de un nuevo punto de vista en el estudio de estas iglesias. Para Lambert, según menciona Ramírez (1981, 159), Torres del Río habría sido una capilla funeraria perteneciente a alguno de los hospitales que jalonaban el Camino de Santiago, y el remate era la linterna fúnebre o faro. Hago mía la idea de que la linterna es contemporánea del octógono principal: el mismo diseño arquitectónico con columnas en las esquinas del octógono, una tripe moldura horizontal que repite arriba la estructuración de abajo y su correspondencia con el hueco de las nervaduras interiores, demuestra que el remate fue concebido para sugerir *una imagen* conjunta con el octógono principal. (Ramírez 1981, 159)

¿Cuál era esta imagen? Según Ramírez (1981, 103): «Los significantes [contenidos simbólicos o emblemáticos] tienen, como sugería Focillon de *las formas*, una vida propia, una dinámica que se basa, en buena medida, en la fascinación de ciertas imágenes y lugares que quedan grabados en la conciencia colectiva con una pregnancia particular». En Torres

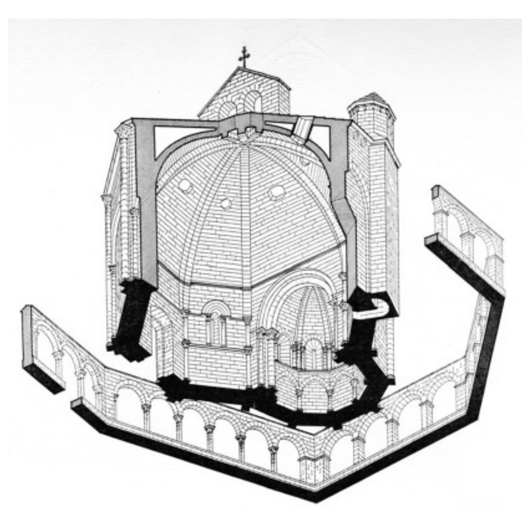


Figura 6
Iglesia de Santa María de Eunate. Perspectiva según J. Yárnoz. (Uranga e Iñiguez 1973)



Figura 7
Iglesia de Torres del Río. Alzado Sur según J. Yárnoz. (Uranga e Iñiguez 1973)

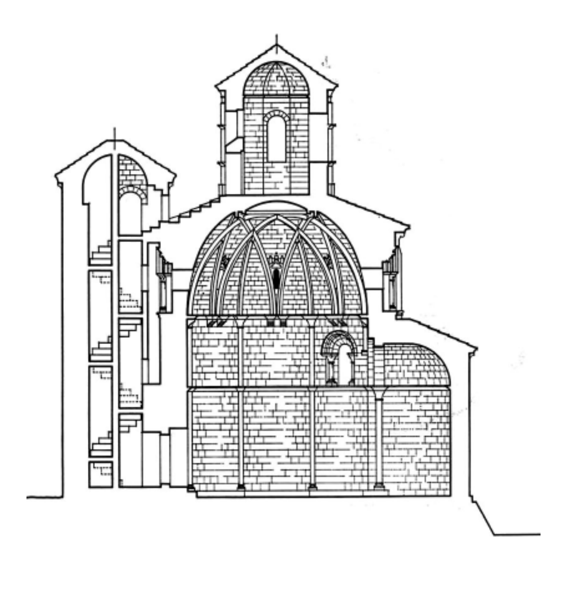
del Rio la idea de evocar el Santo Sepulcro en un edificio, pudo ir unida a la imagen del baldaquino que se alzaba sobre el sepulcro de Cristo en la Rotonda, que tiene su origen en los *martyrium* más sencillos como el de San Pedro. La Iglesia se presenta como un gran baldaquino a imagen y semejanza del que hoy existe en la iglesia de San Giorgio in Velabro de Roma. Esto daría pie a hablar de aquellas arquitecturas, que dan la imagen de un edificio a un objeto y viceversa (figura 8).

En todas estas iglesias medievales, aparte de los contenidos simbólicos-arquitectónicos de los modelos hierosolimitanos, responden también a modelos occidentales que derivan del tipo de planta central desarrollada por los *heroa* imperiales.

No cabe la menor duda que la estructuración arquitectónica de la iglesia de la Vera Cruz y la capilla de Eunate tienen su origen en el mausoleo de Santa Constanza y la de la iglesia de Torres del Río en el mausoleo de Diocleciano en Spalato. Estos dos, interiormente, guardan entre sí un idéntico sistema de proporciones clásico, como apuntan los autores del Catálogo Monumental de Navarra (García Gainza et al. 1983, 539): la anchura del octógono es igual a la altura total de los dos cuerpos hasta el arranque de la cúpula y esta tiene una altura igual al primer cuerpo, siendo el segundo idéntico al lado del octógono, de forma que este funciona como módulo de otras medidas. Se estable así una filiación clara con los edificios clásicos de planta central del Bajo imperio (figura 9).

Los otros elementos de la iglesia de Torres del Rio, podrían ser posteriores a la idea inicial: el ábside con idéntico aparejo del cuerpo inicial, seguramente construido al mismo tiempo, se une a este exteriormente mediante unos pequeños contrafuertes

Figura 8
Iglesia de Torres del Río. Vista desde el sur. (Martínez de Aguirre y Gil Cornet 2004)



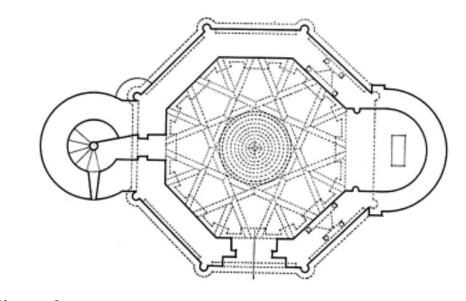


Figura 9
Iglesia de Torres del Río. Planta y sección según J. Yárnoz. (Uranga e Iñiguez 1973)

que no siguen el mismo diseño; la torre-escalera obstruye la ventana de la cara del prisma en que se ha construido, pero por otra parte se ha unido perfectamente al resto del edificio, aunque no tiene el mismo aparejo. Como concluye Ramírez (1981, 160): La iglesia se nos presenta hoy como un *palimpsesto* donde las superposiciones arquitectónicas implican una suma de significados. Torres del Rio pudo ser una iglesia de los caballeros templarios o de los hospitalarios edificada para recrear el Santo Sepulcro, más tarde pudo utilizarse como capilla funeraria o como iglesia parroquial, entonces la linterna habría servido de faro o campanario, con ocasión de estas transformaciones se construirían el ábside, casi seguro al principio, y la torre con escalera después.

La relación composición-construcción en la iglesia románica de Torres del Río

La construcción románica

Cuando la forma de construir de los romanos no puede mantenerse a causa de la desaparición de la estructura social y económica que la hizo posible, la construcción artificialmente monolítica del *opus caementicium* que necesita de materiales en abundancia debe abandonarse; asimismo el aparejo a juntas vivas que exige un trabajo de precisión es desechado. El arte románico, con los monjes de Cluny, renace con unos nuevos procedimientos constructivos a fin de optimizar el recurso natural que tienen más a mano: la piedra. (Violet-le Duc 1858, 4; Paricio 1983, 43)

Los edificios románicos se construyen mediante morrillos, que dispuestos con mayor o menor corrección, se colocan sobre un lecho de mortero. En cambio la construcción romana, se realizaba mediante la aglomeración de casquijos, que necesitan de hiladas niveladoras y ser revestida en sus paramentos con materiales regulares. Con el sistema de morrillos tallados, el paramento es la misma piedra, de manera que las hiladas niveladoras no son necesarias siempre que se dé a los morrillos un trazado y corte correcto.

El mortero, que para los romanos era exclusivamente un material de agregación, adquiere a partir de la época románica un nuevo rol, sirve para transmitir las presiones: no es solo un material para unir, sino ante todo, una materia plástica interpuesta entre las piedras, que sirve para regularizar la repartición de cargas entre una y otra hilada.

En la época románica, se inicia el método de colocar la piedra completamente tallada, en ninguna parte del edificio la piedra es rebajada después de su colocación. El rebajo en obra es admisible cuando los bloques se colocan a juntas vivas; en cambio en la construcción románica es una operación desastrosa porque sacude los morteros. Es conveniente evitar el rebajo una vez colocada la piedra. (Choisy 1978, 402–403).

La cúpula

Durante la época románica, las concreciones de capas horizontales que formaban las bóvedas y cúpulas antiguas se reemplazan por un aparejo de lechos convergentes, reforzados en su intradós por arcos, también de lechos convergentes.

En edificios romanos, como el ninfeo de los Horti Liciniani 253–268 d.C., de planta central como Torres del Río, se había utilizado en la cúpula costillas de refuerzo constituidas por arcos meridianos alveolares, de ladrillos bipedales, que unido a la técnica romana del hormigón, daba lugar a una cúpula de estructura reticulada, alveolar, en la que las fajas horizontales de ladrillos bipedales y las costillas meridianas, formaban el esqueleto, y el relleno de los alveolos, el plemento (figura 10). También en Santa Constanza 324–326 d.C. está implícita esta distinción entre partes activas y partes pasivas, que sería el origen de las estructuras de nervaduras. (García y Bellido 1972, 579, 697)

El arte románico se desarrolla en la península a partir de la segunda mitad del siglo XI como una importación francesa y consiste en una arquitectura de piedra. En el siglo XII y XIII con la ocupación de Toledo y de otras ciudades musulmanas puso en relación ambas culturas, de manera, que nos encontramos en los edificios románicos de estos siglos, con abundantes formas decorativas y algunas estructuras arquitectónicas cuya procedencia de la España islámica es evidente. Así lo podemos comprobar en las bóvedas nervadas de tipo cordobés de varias iglesias románicas y en las cúpulas de las catedrales de Jaca, Zamora y Salamanca, y de la Colegiata de Toro. Los maestros constructores de la España cristiana segura-

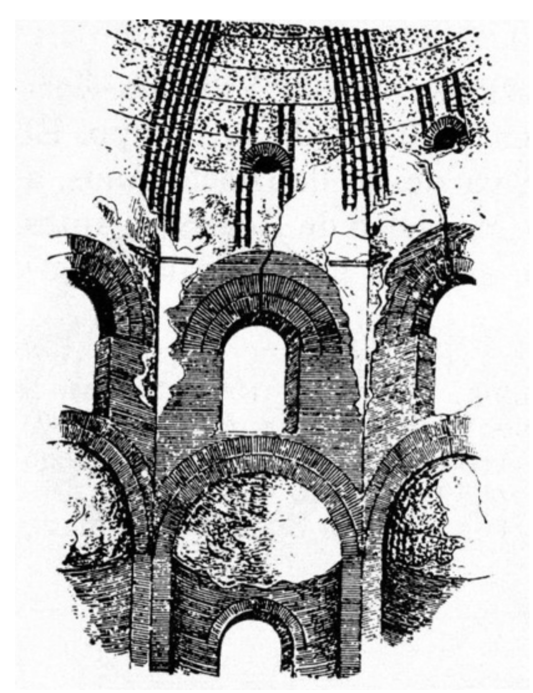


Figura 10
Ninfeo de los Horti Liciniani. Análisis de su estructura, según Durm. (García y Bellido 1972)

mente pudieron ver las iglesias mozárabes, como la Vera Cruz de Segovia y San Baudelio de Berlanga, y edificios musulmanes cubiertos con bóvedas sobre arcos o nervios de resalto, cuyos primeros ejemplares en la Península serán probablemente los realizados en el siglo X por al-Hakam al ampliar la mezquita de Córdoba. (Torres Balbas 1949, 247–249)

A este modelo de bóveda nervada pertenece la cúpula de la catedral de Jaca, de finales del siglo XI. Apoyada sobre trompas, los nervios parten de los puntos intermedios de los lados del octógono y se encuentran en la cúspide; esta disposición es claramente musulmana donde las nervaduras apoyan en el muro y no tienen una continuidad hasta el suelo. En Nuestra Señora de Eunate con idéntica forma en las nervaduras su estructuración es más románica, consistente el liberar al máximo los arcos del cuerpo de la construcción, extrayéndolos de los macizos y dándoles apoyo en unas columnitas a modo de soportes individuales.

Trazados de bóvedas con mayor complicación, como los de Torres del Río y San Miguel de Almazán, tienen su prototipo en la capilla lateral del *mihrab* de la mezquita de Córdoba (figura 11) y en la bóveda central de la mezquita de la Luz en Toledo, hoy ermita del Cristo de la Cruz. Todas ellas en esquema consisten en ocho nervios que entrecruzados dejan en el centro una estrella de ocho puntas. Las cúpulas musulmanas se colocan sobre pechinas en trompa para convertir el cuadrado del recinto en octógono; los arcos de herradura apareados salen de las esquinas del octógono en Córdoba y de puntos intermedios en Toledo; la calota de la cúpula no sigue la forma de esfera descrita por las nervaduras. La cúpula de Almazán es de ocho paños sobre trompas, tiene una pequeña linterna central. La de Torres del Río es esférica sobre una planta octogonal, tiene en el centro una cupulita de la misma forma y las nervaduras parten de los puntos intermedios de los lados del octógono. (Torres Balbas 1949, 252)

En el cimbrado y la construcción de las bóvedas románicas de lechos convergentes no se temía por su derrumbamiento sino por su deformación, que con la colocación de los arcos perpiaños se evitaba prácticamente (Choisy 1978, 407). Esta misma función tienen las nervaduras de la cúpula de Torres del Río (figura 12), no siendo necesaria en este caso la cimbra nada más que en las nervaduras, debido a que la ma-

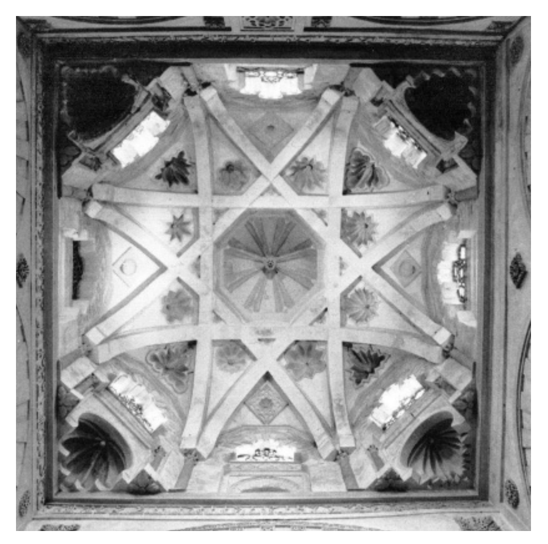


Figura 11
Bóveda de la capilla de Villaviciosa de la mezquita de Córdoba. (Hoag 1978)

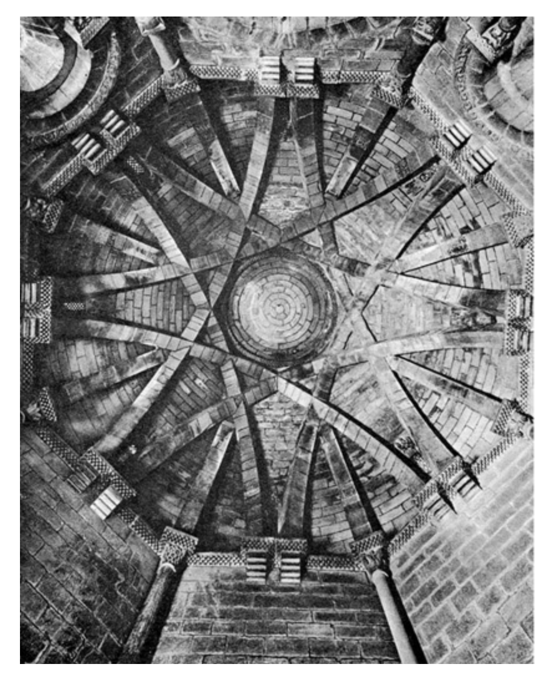


Figura 12
Iglesia de Torres del Río. Vista de la bóveda. (Uranga e Iñiguez 1973)

lla tan tupida de nervios facilita el montaje del cuerpo de la bóveda; así lo atestiguan las dovelas alargadas, algún de ellas colocadas entre nervio y nervio a modo de dintel.

Encima del cuerpo de la bóveda de lechos convergentes se coloca otra bóveda o relleno de morrillos con hormigón, para formar las pendientes del tejado, realizado con lajas de piedra. En el mausoleo de Diocleciano con distintos materiales, la cúpula interna es de ladrillo y la exterior de hormigón ligero, ya se había utilizado esta técnica innovadora respecto a las bóvedas concretas romanas. (García y Bellido 1972, 636)

El muro

La iglesia de Torres del Rio presenta muros románicos de tres hojas de aproximadamente 1,20 m de espesor, de sillares aparejados y cogidos con mortero en los paramentos, y núcleo de morrillos con hormigón. Violet-le-Duc dice del muro medieval: «es un término medio entre la construcción romana de gran aparejo y la de masas revestidas de ladrillos o mampostería» (Violet-le Duc 1858, 50).

El buen comportamiento de este muro consiste en que no se produzcan asientos desiguales entre el cuerpo del macizo y el revestimiento; y por lo tanto aparezca desligado en toda su altura, debido a la falta de trabazón entre las tres capas y a una mayor retracción del núcleo con hormigón respecto a los paramentos. Para evitar estos problemas, debe darse en la medida de lo posible, idéntica altura de hilada a los morrillos del macizo y a los sillares del paramento; así mismo separar las hiladas de los sillares con gruesas juntas de mortero de cal grasa, a fin de que estas establezcan una unión entre el macizo interior y los paramentos, adquiriendo consistencia lentamente mientras las construcciones tienen tiempo de asentarse y sufrir deformaciones, sin ocasionar rupturas en la obra. El aparejo de los muros no ofrece la regularidad de los antiguos; se coloca la piedra con el espesor natural de cantera, no respetándose una regularidad de altura entre lechos, ni tampoco de recortes en las juntas verticales, que acarrean desperdicios. Tampoco existen piezas acodilladas por ser costosas y fácil de romperse. (Violet-le Duc 1858, 4–51; Paricio 1983, 42–45)

Aunque la construcción de los muros de la Iglesia de Torres del Río son medievales, y compositivamente el exterior refleja esta condición en la abertura de huecos en la parte superior, así como en los arcos ciegos apuntados de descarga y columnillas en las esquinas del octógono, que también existen en el interior; la concepción total del muro todavía es romana. Si comparamos las secciones de Torres del Río y del Panteón de Roma (figura 13); observaremos que tienen como macizo de estribo de la cúpula todo el tambor que la soporta, independientemente de los vacíos creados en el Panteón, no aparecen exteriormente contrafuertes para sostener los empujes de la cúpula. Contrafuertes que en el Ninfeo de los Horti Liciniani ya preludian el concepto medieval de liberar el muro para vanos, con nichos bajos y ventanales altos.

Las cúpulas en ambos casos, aunque la técnica constructiva sea distinta, no parten de la línea de imposta inferior, sino algo más arriba al continuar el muro exteriormente a modo de espolón, de forma que la semiesfera visible desde el interior no es la verdadera bóveda sino más reducida. Este espolón tendrá la misión de conducir las líneas de descenso de las car-

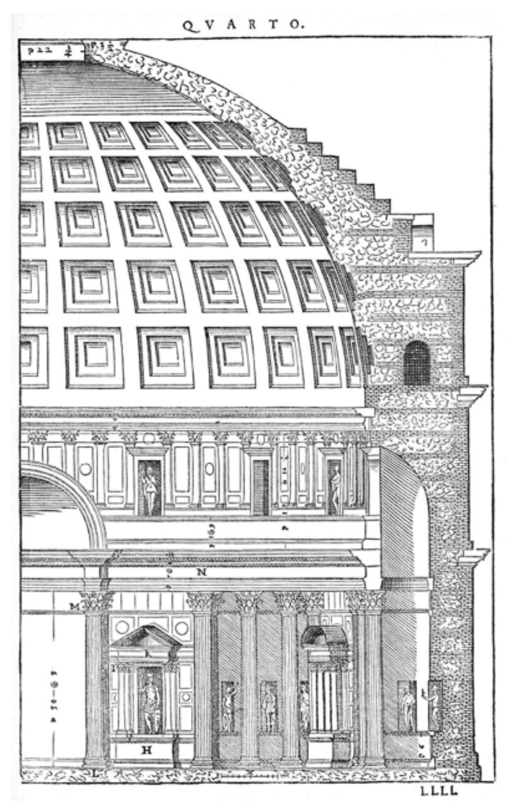


Figura 13
Panteón. Sección vertical. (Palladio 1570)

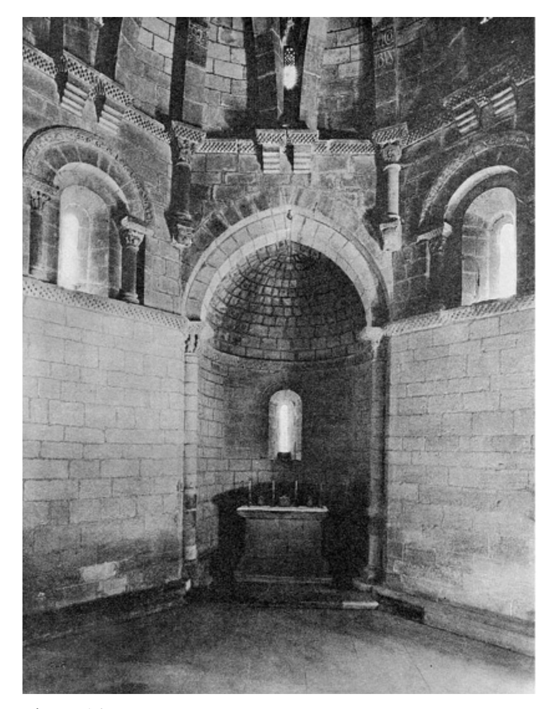


Figura 14
Iglesia de Torres del Río. Vista hacia el ábside. (Uranga e Iñiguez 1973)

gas dentro del macizo del muro. Idéntica sección presenta el Mausoleo de Diocleciano en Spalato.

La apertura del ábside mediante un arco apuntado (figura 14), al mismo nivel que los arcos ciegos exteriores que descargan visualmente el muro, establece una coherencia compositiva entre el interior y el exterior, entendiéndola como intervención en el muro puramente románica. Como consecuencia de esta abertura aparecen unos pequeños contrafuertes en la unión del ábside y el octógono.

Los muros de la linterna apoyan sobre el octógono formado por las nervaduras de la estructura reticulada, de forma que el descenso de cargas se realiza en la dirección de los lechos convergentes del cuerpo de la cúpula y en las direcciones de las nervaduras, que apoyan en los puntos intermedios de los lados del octógono. Esta disposición musulmana de apoyo de las nervaduras en el muro, evidencia que hubo un cambio de planteamiento en la construcción de la iglesia; la composición interior del muro en dos cuerpos con columnas de las cuales arrancarían nervios como los de Nuestra Señora de Eunate, o bien los pareados de una cúpula estrellada como la existente, dejarían libre la plementería para la apertura de huecos en el lugar donde fueron dispuestos exteriormente.

La adopción de una cúpula estrellada de nervios apareados planteaba compositivamente problemas de liviandad, característica propia de estas bóvedas musulmanas, de forma que, para que este conjunto no fuera un tanto aplastante, se gira la disposición de los nervios, apoyándolos en los puntos intermedios de los lados del muro, coincidiendo con las ventanas exteriores y debiendo corregir el hueco de las mismas interiormente al espacio de confluencia de los nervios. Por último, y para no dejar las columnas sin continuidad, como en un principio estaba pensado, coloca unos nervios de menor canto encima de los capiteles, a modo de jabalcón de la estructura nervada principal. Como consecuencia del apoyo de los

nervios en los puntos intermedios, aparecen unos puntos débiles encima del arco del ábside y de las ventanas contiguas, con grietas que demuestran la existencia de esta carga puntual.

Las columnas de los paramentos interiores y de las ventanas son elementos verticales de piedra de una sola pieza, que no tienen su altura limitada por el lecho de cantera como las hiladas, sino que son cortadas horizontalmente dentro de este lecho y colocadas verticalmente en obra. La escasez de juntas los convierte en elementos rígidos, que asumen cargas superiores, a las que reciben los elementos adyacentes con juntas frecuentes y por lo tanto con amplias retracciones. (Paricio 1983, 44). Las nervaduras jabalconadas también trabajan e hicieron en su día que las columnas interiores colapsaran, debiendo ser repuestas en la restauración de los años 60.

Los arcos ojivales presentan sus lechos normales al intradós, lo cual presenta la ventaja de desarrollar un empuje menor, pero a la vez permitiría cortar todas las dovelas sobre una plantilla uniforme; en Torres del Río, al igual que en el aparejo de los muros, las dovelas son de distinto tamaño. Las nervaduras de la cúpula y el arco del ábside terminan la ojiva mediante un plano de lecho vertical; los arcos ciegos exteriores, que no tienen una función estructural tan clara, presentan terminaciones irregulares con piezas claves de ángulos entrantes.

Conclusiones

Compositivamente la iglesia de Torres del Río se asemeja al Panteón: interiormente dos cuerpos decrecientes en altura guardan relación compositiva entre ellos, sobre los cuales se superpone la semiesfera de la cúpula, con casetones en un caso y nervios en el otro, que no mantienen un acuerdo claro con la ordenación inferior. También encontramos esta disposición en el Mausoleo de Diocleciano, con una referencia más clara en cuanto a la disposición de las columnas en los ángulos del octógono, las cuales aquí no tienen otro fin que el ornamento del muro.

Exteriormente la iglesia tiene tres cuerpos, los inferiores en correspondencia con el interior, idéntica combinación tiene el Panteón, y en ambos casos el exterior guarda una relación compositiva en toda su altura. En Roma la arquitectura es un arte mixto donde la bóveda y el muro se cualifican, se ornamentan con detalles tomados de la arquitectura griega; así el Panteón según dibujos de Palladio tenía exteriormente órdenes superpuestos al muro y separados por cornisas. En la época románica al intentar liberar al muro mediante arcos y columnitas, a modo de soportes individuales, van implícitos los elementos de composición, que en Torres del Río se ayudan de cornisas a la manera clásica, para plantear la composición del prisma octogonal igual que en el Panteón; es decir: exteriormente tres cuerpos de muros e interiormente dos y cúpula.

Lista de referencias

Choisy, Auguste. [1899] 1978. *Historia de la Arquitectura*. Buenos Aires: Editorial Victor Leru.

Fischer von Erlach, Johann Bernhard. [1721] 1978. *Entwurf einer historischen Architektur*. Dortmund: Druckerei Hitzegrand.

García y Bellido, Antonio. 1972. *Arte Romano*. Madrid: C.S.I.C.

García Gainza, M. C.; Heredia, M. C.; Orbe, M. y Rivas, J. 1983. *Catálogo monumental de Navarra. Vol. 2.I, Merindad de Estella.* Pamplona: Gobierno de Navarra.

Hoag, John D. 1978. *Architettura Islamica*. Milano: Electa Editrice.

Krautheimer, Richard. [1965] 1984. *Arquitectura Paleocristiana y Bizantina*. Madrid: Ediciones Catedra.

Martínez de Aguirre, J. y Gil Cornet, L. 2004. *Torres del Río. Iglesia del Santo Sepulcro*. Pamplona: Gobierno de Navarra.

Palladio, Andrea. [1570] 1980. *I Quattro Libri dell'Architettura*. Milano: Hoepli Editori.

Paricio Ansuategui, Ignacio. 1983. *La construcción de l'arquitectura. Les tècniques*. Barcelona: I.T.E.C.

Ramírez, Juan Antonio. 1981. *Arquitectura y Utopía*. Málaga: Universidad de Málaga.

Torres Balbas, Leopoldo. 1949. *Ars Hispaniae. Vol. IV: Arte Almohade, Arte Nazarí, Arte Mudéjar*. Madrid: Editorial Plus Ultra.

Uranga Galdiano J. E. e Iñiguez Almech, F. 1973. *Arte Medieval Navarro. Vol. II, Arte Románico*. Pamplona: Editorial Aranzadi.

Violet-le-Duc, Eugène.1858. *Diccionaire raissoné de l'architecture*. Paris: Ed. B. Bance.

Los edificios de vivienda plurifamiliar en la arquitectura de Pere Benavent de Barberà

Patricia Segurola Soler
María Isabel Rosselló Nicolau

Cuando se explora el patrimonio construido de edificios plurifamiliares en la ciudad de Barcelona desde el siglo XIX, se observa que, la mayor parte de éstos, hasta finales de la década de los sesenta del siglo XX, fueron construidos con el sistema estructural que caracteriza la arquitectura tradicional catalana: las paredes de carga con fábrica cerámica. Es en este contexto tecnológico en el que hemos de situar la obra de Pere Benavent de Barberà, una obra amplia y muy significativa. Pere Benanvent ejecutó un gran volumen de obra representativa del conjunto de edificios construidos en Barcelona desde la década de 1920 hasta la de 1970 a partir de este sistema constructivo.El análisis técnico-constructivo de su obra, nos permite conocer la continuidad de los modos constructivos y estructurales convencionales y, al mismo tiempo, se puede valorar la incorporación de innovaciones tecnológicas. En esta comunicación nos proponemos analizar técnica y constructivamente la evolución de la obra de Benavent. Para poder hacer este estudio hemos realizado una clasificación de su obra atendiendo a criterios formales definidores de cada uno de los periodo y a la accesibilidad a los materia de construcción así como la facilidad de la mano de obra, muy vinculados a los diferentes momentos políticos y económicos. Por lo expuesto, hemos agrupado la obra de Benavent en cuatro momentos:

- de 1922 a 1929
- de 1930 a 1936
- de 1939 a 1949
- de 1950 a 1969

Para cada uno de los periodos analizaremos un edificio de vivienda prototípico del momento, un estudio que pondremos en paralelo con la obra escrita de Pere Benavent, ya que su aportación a la arquitectura traspasa el ámbito profesional y lo convierte en un referente de la historia de la construcción. Su obra *Cómo debo construir,* además de otros escritos, es fundamental para conocer la trascendencia de la figura de Benavent.

Primer momento: años 20 (1922–1929)

La actividad que desarrolló Pere Benavent en el ámbito de la arquitectura se centra en la realización de proyectos de obra. De estos años no se han encontrado documentos en los que pueda comenzarse a hablar de un Pere Benavent teórico. De los dos proyectos analizados en el trabajo, calle Dr. Joaquín Pou números 2 y 4 y calle Comte Borrel número 130, podría considerarse este último el edificio prototípico del período. Es cierto que ambos edificios están construidos entre medianeras, pero la geometría de la parcela del edificio situado en la calle Joaquín Pou es particular, siendo resultado de las operaciones urbanísticas que se realizaron bajo el Plan Urbano «La Reforma» que lleva a cabo la apertura de la Vía Laietana.

La parcela de Comte Borrell es una parcela rectangular típica del Ensanche sobre la que se levanta casi la totalidad de los edificios, exceptuando los chaflanes, por lo que sus características podrían extrapolarse a más casos. Comte Borrell es un edificio construido en 1928 con una longitud de fachada de 10 m, 8 plantas sobre rasante en las que se ubican 2 locales comerciales y 14 viviendas. La planta tipo está compuesta por dos viviendas distribuidas en sentido longitudinal, con salida a ambas fachadas; ambas viviendas están comunicadas por la misma escalera con un patio de luces común situado junto a la escalera (donde se ubica el ascensor) y otro patio para cada vivienda situado en la medianera. En estas plantas la distribución es simétrica con la configuración de los siguientes espacios: recibidor, cuatro dormitorios (uno de ellos a fachada principal y otro con galería en fachada posterior), cocina, salón y comedor independientes, baño y WC. En este caso, se trata de un promotor privado que destinaba el edificio para el uso de su familia. Este hecho condiciona a Pere Benavent a la elección de ciertos materiales en el interior de las viviendasy, en cierta manera, la estética de la fachada también. No obstante, ciertos criterios eran indiscutibles, como es el aplacado de la planta baja con piedra natural, que «ofrece mejor comportamiento al desgaste, impactos, etc.» (Benavent 1934, I)

A nivel constructivo, la cimentación se compone por cimientos corridos de «hormigón de gravas con cemento y arena» (documentación proyecto) con 1,00 m de anchura para las fachadas y para el resto de paredes de carga de 0,60 m o 0,70 m. La altura de las zapatas siempre era la misma, 1,00 m. Esta descripción coincide con lo que especifica en el libro *Cómo debo construir,* en el que detalla «la cimentación se practica con cimiento continuo, partiendo siempre de la altura de 1 m como mínimo de un cimiento normal aunque la escasa altura profundidad del estrato resistente la exija menor» (Figura 1) (Benavent 1981).

También se especifica que, para dar uniformidad a la superficie de los cimentos y conseguir un reparto más uniforme de las cargas, se colocan 3 hiladas de ladrillo. El resultado sería el que se observa en la figura 1. Para la formalización de las paredes de carga, utiliza ladrillo macizo con mortero de cal hidráulica. Especifica que las tres últimas hileras antes de llegar al apoyo de las viguetas o jácenas y en los puntos que él considera críticos (no llega a especificar), utiliza mortero de «cemento Asland» (documentación proyecto).En el libro lo justifica fundamentando que las hiladas con cemento tienen mayor rigidez para hacer el reparto de cargas del forjado a la pared «En este apoyo de los techos sobre las paredes hay que procurar un reparto de cargas lo más uniforme posible» (Benavent 1981). Para la estructura horizontal proyecta viguetas de hierro con bovedilla tabicada de 2 gruesos y relleno de senos con hormigón, sin especificar el tipo de hormigón (como ocurría en la cimentación). Tal como lo define en sumanual, este tipo de bovedilla

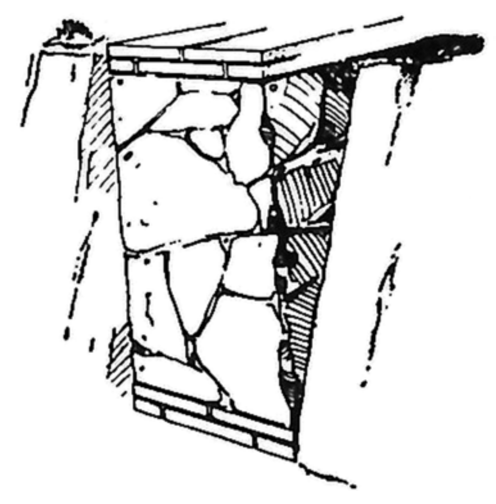


Figura 1.
Representación de cómo debe ser un cimiento corrido (Benavent 1981)

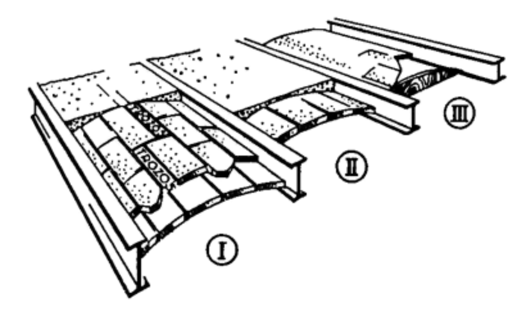


Figura 2.
Tipología de los entrevigados en forjados de vigas metálicas (Benavent 1981)

es la «tradicional (I)» (Figura 2). La representación II corresponde a una hilada de rasilla y relleno de hormigón y la III es la cimbra que utilizaban para la ejecución de estas bovedillas.

La escalera es de tres gruesos de rasilla y, según especifica, los peldaños se forman a partir de piezas de mármol sobre ladrillos. Este es el tipo de escalera «suele construirse . . . colocando el primer grueso con yeso y los otros dos con cemento rápido» (Figura 3).

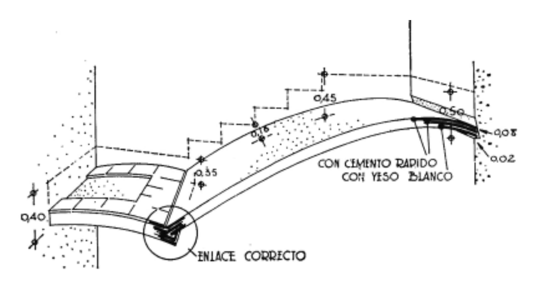


Figura 3.
Replanteo escalera. Definición de los encuentros (Benavent 1981)

La envolvente que formaliza la fachada principal queda revestida con un zócalo de piedra de Montjuic hasta el primer piso y continúa con un aplacado de piedra de Almorquí. El resto de la fachada se reviste con piedra artificial (Figura 4). En los balcones utiliza las vigas de hiero que configuran los forjados y las recubre con hormigón, después, se aplica un acabado de cemento Asland.

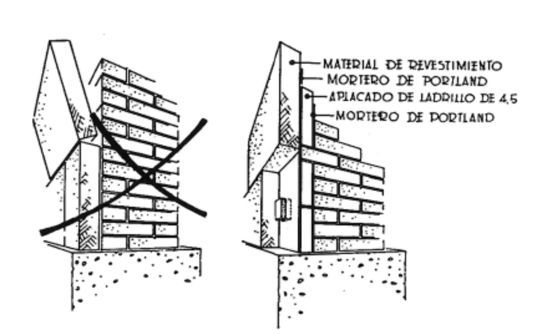


Figura 4.
Colocación de aplacados de fachada (Benavent 1981)

La cubierta está formada por tabiques conejeros (sin indicar la altura) y solera de cuatro gruesos de rasilla cerámica con variación del material aglutinante en los cuatro gruesos: cemento para el primer grueso, cemento con arena para el segundo y tercer grueso, y arena con cal hidráulica para el último

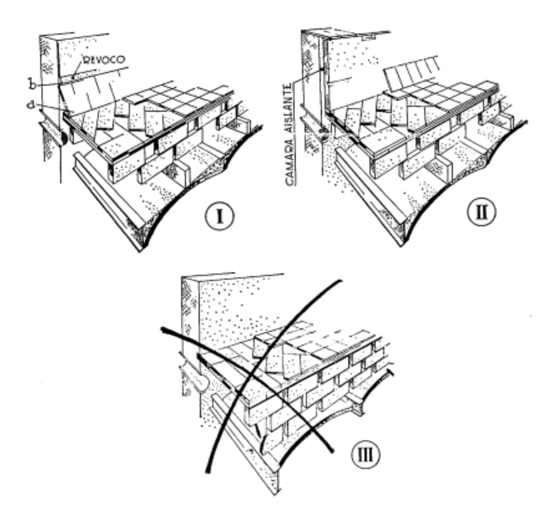


Figura 5.
Disposición de los tabiques conejeros para la formación de cubierta a la catalana (Benavent 1981)

grueso. Idéntica definición a la que aparece en el manual (Figura 5).

En cuanto las divisorias interiores, en ambos casos son de ¼ de grueso y para la separación entre viviendas se dobla el grueso. La explicación al por qué doblar el tabique se encuentra en su libro: «El tabique de obra cocida es ligero y relativamente rígido, pero muy sonoro. Por conveniente (como sucede con los tabiques divisorios de dos viviendas independientes y contiguas) estos tabiques se construyen con piezas huecas o, mejor todavía, se les sustituye por el *tabique doble*» (Figura 6).

El conocimiento de las soluciones estructurales y materiales de la calle Comte Borrell 130, nos proporciona una base para comparar con los edificios que se construirán a partir de esta década y conocer cuáles fueron los progresos constructivos-arquitectónicos que se fueron desarrollando.

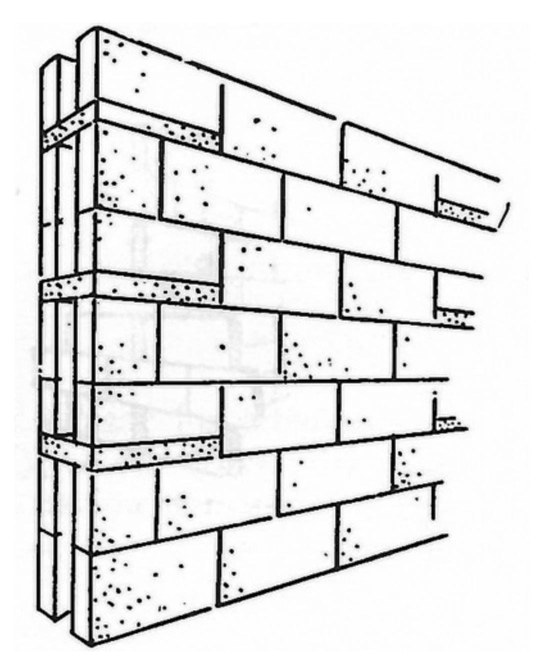


Figura 6.
Representación de tabique doble para la separación de viviendas (Benavent 1981)

Segundo momento: años 30 (1930–1936)

Para esta década, el edificio más significativo y, por tanto, el que se desarrolla a continuación es el situado en la Avenida Gaudí número 56. La importancia que tiene este edificio se debe a que, al actuar como promotor,tiene más libertad para la materialización de todas aquellas teorías arquitectónicasque comenzó a plasmar en sus escritos de esta década. Además, el contexto en el que proyectó este edificio fue trascendental para marcar el primer paso de la renovación formal. El edificio fue construido en 1932, con la II República, que favoreció la apertura, y por tanto la llegada, en el contexto barcelonés, de las tendencias europeas.

La renovación de los edificios proyectados por Pere Benavent no se dirige hacia la interpretación de la arquitectura que hacía el GATCPAC (influidos por Le Corbusier), sino hacia la reinterpretación de la arquitectura tradicional catalana y, en concreto, cómo mejorar las soluciones tradiciones para garantizar la durabilidad de los edificios a partir de la elección de materiales de calidad. En este sentido, y como réplica a los propulsores de la arquitectura moderna, plantea como los nuevos materiales no cumplen con la función de durabilidad, por lo que no deben ser utilizados en la construcción. Y no solo se manifiesta respecto a los materiales utilizados, también lo hace para defender su idea de qué es una vivienda:

> Para este hombre no puede bastar la máquina de vivir, que no respeta ni conoce esas leyes inexorables que él mismo no ha comprendido aún. Para este hombre, la casa es la paz después de la lucha; la concentración después de la dispersión; la intimidad que aglutina su familia; el yunque donde se forja lo que Pasteur llamó su Dios interior, el entusiasmo, tan esencial para el desarrollo de su inteligencia; el silencio de que se nutre sus reflexiones. Para este hombre la casa es el pasado mismo que lleva dentro y el futuro que está creando, la continuidad de la familia, el sentido de la paternidad, la base del patriarcado. En ella se forma y trasciende, se aísla de la de fuera y se capacita para comprenderlo, medita y reza, ríe y llora. (Benavent, 1951, III).



Figura 7.
Fachada edificio Avd. Gaudí número 56

En este edificio, mantiene la tipología, entre medianeras, con 29 m de longitud de fachada exterior (lo son las dos fachadas). La altura del edificio se divide entre la planta baja, seis plantas tipo y la planta cubierta, originando cuatro locales comerciales con vivienda y doce viviendas. Un cambio significativo de carácter formal aparece en la distribución de las plantas piso, que pasan a formarse por cuatro viviendas compuestas de las mismas estancias entre ellas: recibidor, cocina, lavadero, comedor, tres dormitorios y baño (figuras 7 y 8).

De las características constructivas, uno de los primeros cambios fue la proyección de la estructura, la situación de las crujías pasa a ser paralela a las medianeras, no a las fachadas. De forma las medianeras serán los muros de carga principales junto con un muro intermedio, originando crujías de 5,50 m. La liberación de las fachadas como muros de carga principales le permite proyectar una terraza en todas las plantas con voladizo exterior que penetra en el interior del edificioretrasando el plano de la fachada, de los balcones a terrazas. Además, la diferencia de longitud entre las medianeras debido a la forma trapezoidal de la parcela, admite situar el núcleo de comunicación vertical junto a la medianera sur y que las viviendas continúen manteniendo unasuperficie equivalente. Como en los otros proyectos, proyecta los patios de ventilación en las medianeras. En cuanto a los sistemas constructivos utilizados, la cimentación también avanza. Aparecen las primeras especificaciones sobre la altura (mayores profundidades) y la dosificación del cemento aglutinante, aunque la composición sigue siendo la misma.

En la estructura vertical no aparecen cambios, sigue siendo paredes de carga, si biense visualizan nuevos elementos para mejorar las características estructurales, los apeos. Para poder configurar el hueco de las terrazas utiliza una jácena de hormigón armado que conecta con la fachada, pero como no es de carga, proyecta unos pilares de hierro a ambos extremos de la abertura para soportar el peso de la jácena; en la planta baja dispondrá de otro apeo para no obstaculizar el acceso al local.

Otra de las aportaciones más importantes a nivel estructural es la incorporación del zuncho perimetral que, como ya sabemos, es importante para dar rigi-

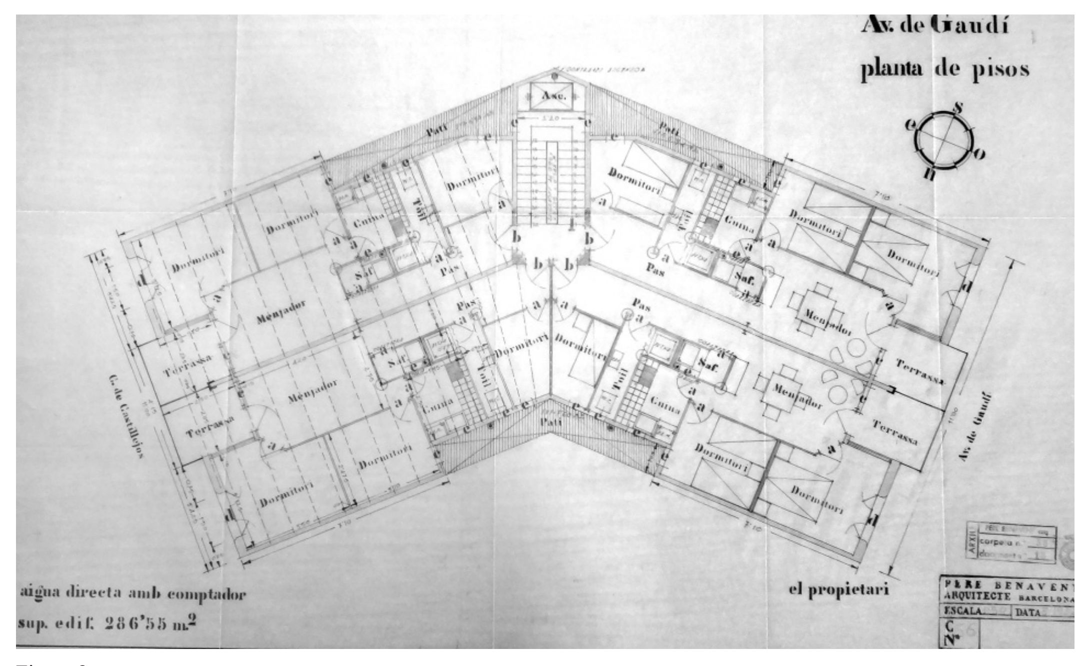


Figura 8.
Planta edificio Avd. Gaudí número 56

dez a la estructura y para el comportamiento colaborativo entre la estructura vertical y horizontal. La aparición de este elemento supone una notable mejora para el comportamiento de estas estructuras y la constatación de la incorporación de nuevos elementos que permiten evolucionar las estructuras. Sin embargo, no lo coloca en todas las plantas. El armado de los zunchos estaba formado por 5 barras de 10 mm de diámetro.En el libro podemos encontrar imágenes de cómo planteaba la construcción de estos elementos; se observa más armado que el especificado en Avda. Gaudi (Figura 9).

De la estructura horizontal aparece la descripción de la carga a la que estarán sometidas las vigas, a nivel constructivo no hay ninguna variación ni aparecen nuevos elementos, lo mismo sucede en la escalera y las divisorias, mantiene la misma descripción. No ocurre lo mismo en la cubierta: mantiene la cubierta tradicional catalana, pero incorpora las juntas de dilatación «para facilitar sus inevitables movimientos» (Benavent 1981) y evitar la aparición de fisuras y garantizar la impermeabilización como especifica en el libro. La fachada de este edificio recoge la esencia de Pere Benavent: no muestra propósitos estéticos o lenguajes arquitectónicos que alteren la esencia del edificio, no cumplen una función utilitaria, como el mismo dice «materials duradors en totsentit, formes simples i lògiques, despesa concentrada en la qualitat i esforç per a vèncer tota preocupació injustificada» (Benavent 1933).

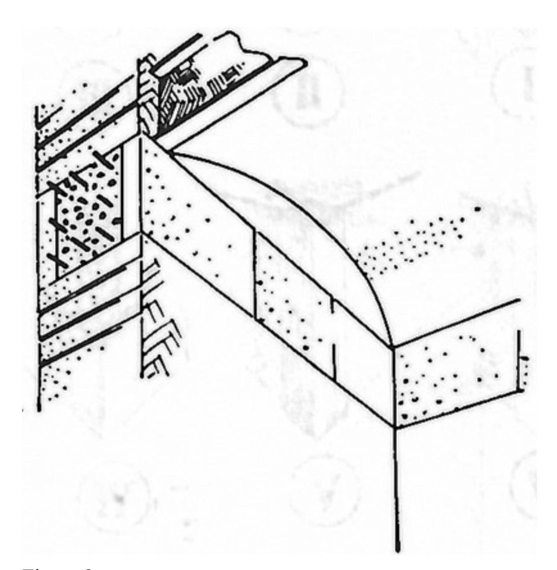


Figura 9.
Sección zuncho perimetral (Benavent 1981)

Como no podía ser de otra forma, es de ladrillo caravista con aplacado de piedra caliza en la planta baja, la hendidura de las terrazas solo se divide por las losas de hormigón armado que las formaliza, sin jerarquización entre las plantas, unas se agrupan sobre otras.

Tercer momento: años 40 (1939–1949)

Cómo ocurrió en el segundo momento, los años 30, en este caso el contexto también es clave para entender los edificios que se proyectan. La postguerra española, inmersa en un contexto autárquico, supone la carestía de materiales básicos y un retroceso tecnológico. Si añadimos las normativas para la regularización de las soluciones constructivas y utilización de materiales, se frena completamente la evolución que se había iniciado años atrás para volver a las soluciones que hemos visto en el edificio de la calle Comte Borrell 130. Y no solo a nivel estructural, los aspectos formales también cambian: aparecen de nuevo las soluciones de fachada con lenguajes clásicos yse impone el referente academicista en la arquitectura de Benavent. Circunstancia que se contradice con los escritos, en los que desarrolla que la arquitectura de la Edad Media debería ser la referencia a la hora de proyectar los nuevos edificios, definiéndola como «arquitectura provista de alma y cuerpo, esqueleto y músculos» (Benavent 1973).

De los edificios analizados, el que mejor representa está situación es el de la Avenida Reina Victoria número 26. Este edificio, ejecutado en 1946, es una construcción aislada en la cual cambia la tipología, fundamentalmente porque no está ubicado en el Ensanche sino en Sarriá, donde la configuración de las parcelas es diferente.

Cuenta con 126 m de fachada, una planta sótano y cinco plantas sobre rasante que configuran nueve viviendas, con dos viviendas por planta, excepto una de las viviendas de la planta baja que es dúplex. Así, la vivienda tipo está compuesta por vestíbulo, sala de estar, comedor, cocina, office, lavadero, dos o tres dormitorios, baño, aseo y dos dormitorios de servicio con aseo independiente.

Sin necesidad de observar con detalle, se puede determinar que la fachada tiene influencia clásica como se veía en la estética monumental del franquismo: la perpetuación de la jerarquización de las plantas, la utilización reiterada de recursos clásicos como son las pilastras de piedra artificial, las enmarcaciones de las aberturas, la colocación de cornisa, balaustrada en la planta ático con cubierta amansardada de teja vidriada negra, etc.. Elementos que encajan con la estética comentada que marcaba los gustos y cultura del momento.

Ya a nivel constructivo, en la cimentación no aparecen nuevas especificaciones. Sí aparece un nuevo elemento en la estructura vertical: los dados de hormigón para el apoyo de las viguetas. Es la progresión de las hiladas con mortero de cemento de ComteBorrell. Estos dados se colocaban en las plantas que no había zuncho perimetral (Figura 10).

También el zuncho perimetral continúa avanzando. En este edificio, no se proyecta únicamente siguiendo el perímetro del edificio, sino que se hace extensivo a las paredes de carga interiores, los patios y la caja de escalera, aumentando la traba del edificio y favoreciendo el trabajo solidario del edificio. Las novedades más significativas aparecen en la estructura horizontal con la colocación de jácenas metálicas

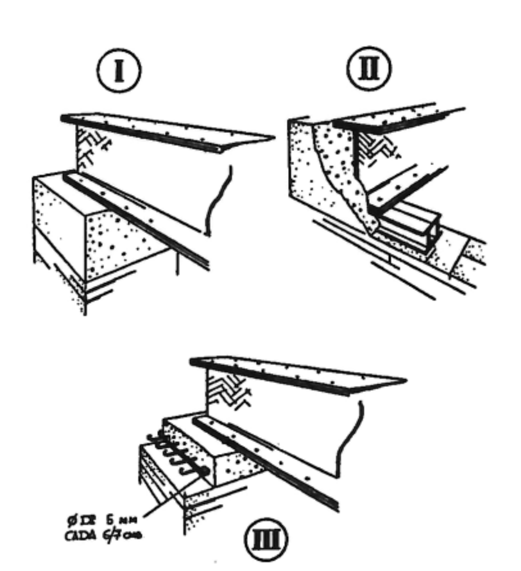


Figura 10.
Disposición de dados de hormigón para el apoyo de las vigas (Benavent 1981)

y viguetas de hormigón prefabricadas. En sus textos ya se veía como esta incorporación se iba acercando, debido a los problemas de oxidación que padecía por el orín de las chimeneas. Primero aparecen las críticas al hierro y acero:

> Pero el hierro, particularmente laminado, como material de construcción encubre una íntima y terrible debilidad… el orín lo ha destruido, a pesar de los grandes progresos alcanzados en la producción y aplicación de materiales anticorrosivos.

Y después comienza a redactar textos en los que comenta las ventajas de la construcción con hormigón:

> Pero la trascendencia del hormigón armado en el campo de la Arquitectura radica en que no sólo se acompaña de una nueva estática estructural, sino que, al dotar de un invisible esqueleto de hierro a los edificios, elimina en éstos la necesidad de complejas sistemaciones murales para establecer su equilibrio espacial, modificando los tradicionales apoyos, y respondiendo así a una estructura social multitudinaria.

En el resto elementos que se están analizando, la cubierta, la escalera y las divisorias interiores, no aparecen cambios que indiquen la evolución de estos sistemas. Las modificaciones que se han encontrado afectan a los materiales de acabado utilizados, alternándose de unos proyectos a otros.

Cuarto momento: años 50–60

En este último momento, la importancia del contexto histórico es fundamental. La recuperación que comienza a darse en los años 50, a nivel económico y social queda colmatado en la década de los 60. El crecimiento económico facilita, en cierto modo, la llegada de las formas de arquitectura internacional yla llegada de capital extranjero, debido al Plan de Estabilización, supone la eliminación de las restricciones del acero. Además, la arquitectura tradicional catalana de muros de carga se está desvirtuando y se está perdiendo el saber hacer que la ha definido desde finales del siglo XVIII. Se ejemplifica su declive con la caída del Hotel Taurus de Pineda de Mar en 1962. Declive que fue progresivo desde la Guerra Civil puesto que la mano de obra cada vez era de me-

nor calidad y, por tanto, menos especializada, afectando a la solidez de las construcciones.

La tendencia del máximo ahorro en la construcción, provocó que se llevará al máximo la capacidad portante del ladrillo. Igualmente, la necesidad de vivienda lleva a desarrollar nuevas técnicas constructivas que permitiesen la construcción de edificios de grandes dimensiones para albergar un mayor número de viviendas, que la estructura convencional no era capaz de solucionar con facilidad. Con estos datos se concibe como inevitable, incluso para Pere Benavent, la incorporación de las estructuras completas de hormigón armado.

Es lo que ocurrió en las promociones de viviendas construidas para La Caja de Pensiones para la Vejez y Ahorros en Gran Vía números 1095–1097–1099 de Barcelona. Se trata de tres edificios de las mismas características construidos de forma independiente entre el año 1962 y 1967, con un total de 121 viviendas entre los 3 bloques, divididas en 10 plantas piso junto a 1 planta sótano.

Las plantas piso están distribuidas de tal forma que hay cuatro viviendas en cada edificio. Para proyectar su distribución utiliza los ejes longitudinal y transversal de la planta para hacer simetría a partir de ambos, de forma que las cuatro residencias son iguales. Los espacios que forman estás viviendas son recibidor, cocina, lavadero, comedor-sala de estar con galería exterior, cuatro dormitorios, baño y aseo. En el cruce de los dos ejes se encuentra en núcleo de comunicación vertical formado por las escaleras y dos ascensores y en cadamedianera sitúa un patio de grandes dimensiones para ventilar dormitorios y el lavadero, y también sitúa otros dos patios de dimensiones reducidas para ventilar el baño y el aseo.

En cuanto a las fachadas, hay un cambio significativo de su composición a causa del cambio de estructura: aparece la cuadricula que forman los pilares y el forjado. En cada paño de fachada, entre los pilares, sitúa una ventana que se alterna con las terrazas. Como en los últimos proyectos se basa en la repetición de los elementos en todas las plantas sin enfatizar unas sobre otras.

En el primer edificio construido de este conjunto utilizó un revestimiento de mosaico en toda la fachada, en los otros dos bloques, lo deja únicamente en la planta baja, pasando al ladrillo visto en plantas superiores. Elementos como los voladizos de las terrazas, las marquesinas y la cornisa son de hormigón armado, excepto el alfeizar que es de piedra artificial. Se observa a simple vista que el cambio de estructura no se queda únicamente ahí, afecta a la concepción de todo el edificioy, por tanto, la trascendencia es muy importante.

Siguiendo la estructura de análisis utilizada en los periodos anteriores, en la cimentación añade dos aportaciones: el relleno de la cimentación debe hacerse en tongadas de 25 cm para compactar el hormigón de forma adecuada y la limitación del 25% de peso a mampuesto.

De forma natural, con la evolución cronológica de los edificios, aparecen nuevas especificaciones técnicas que puntualizan cómo deben ser estas estructuras de hormigón. Así, lo que se ha podido saber a partir de los proyectos, en el orden en el que se escriben, surgen los siguientes elementos:

- recubrimientos mínimos de la armadura de 2 cm
- colocación de estribos en los zunchos Ø5 mm cada 25 cm
- forjados con viguetas de hormigón prefabricado no pretensadas
- juntas de dilatación en el perímetro de la cubierta y colocación de aislante térmico de placas de corcho
- ejecución de juntas de dilatación en los pilares de las medianeras
- utilización de material desencofrante tipo “Cofrex-Halesa”
- capa de compresión sobre las bovedillas cerámicas de 4–5 cm de espesor

Además aparecen los muros de contención de hormigón en masa en la planta sótano con 200 kg/m^3 de cemento portland con encofrado a una o dos caras, según se considere durante la ejecución de los trabajos.

Las novedades no se quedan en la estructura, para concretar la calidad de las paredes divisorias interiores, puntualiza que:

- las juntas de mortero no pueden ser superiores a 1 cm de espesor
- los ladrillos deben ser bien mojados antes de colocarlos

Que aparezcan este tipo de indicaciones podría considerarse un retroceso más que un proceso. En los

años anteriores, los años 20–30, la especialización de la mano de obra involucrada en la construcción de estos edificios era total, sabían cómo debe construirse una pared de ladrillo. Laaportación estas indicaciones sobre cómo se construye puede entenderse como la confirmación de la pérdida de mano de obra especializada. El resto de novedades surgen en las instalaciones, especificando los diferentes diámetros de las instalaciones así como todos los elementos que las componen, y en los revestimientos, aplicación de diferentes pinturas en las carpinterías de madera y en elementos metálicos.

Conclusiones

Estudiados los diferentes proyectos, se puede observar que las variaciones que se originan entre los proyectos se centran en una parte concreta de éstos: los elementos estructurales, evolucionando paulatinamente a lo largo de los años.

Situando en paralelo la obra escrita y la obra construida de Pere Benavent se observa un paralelismo claro: podría decirse que los edificios que fue construyendo son los ejemplos de los textos que redactaba, principalmente de su manual de construcción *Com he de construir* (Benavent, 1934, I).

De esta forma se puede constatar la existencia del perfil teórico y práctico en la persona de Pere Benavent, dando la misma importancia a ambos. Se podría afirmar que, tras estudiar la documentación escrita y ejecutada, se observa que hay correspondencia, la evolución que se va observando en los textos también se aprecia en las obras que ejecutó en Barcelona.

Aunque Benavent introduce, de forma paulatina, cambios importantes en sus edificios,el más considerable podría ser el cambio de la tipología estructural. La incorporación del hormigón en los edificios se comienza a observar en la década de los treinta en los forjados. El siguiente paso no lo dará esta la década posterior, con la incorporación de las jácenas in situ de hormigón armado y hasta la década de los 60 no aparece la estructura completa de hormigón armada.

Este cambio no solo es importante por el cambio de tipología estructural, sino por las nuevas oportunidades que ofrece para proyectar las distribuciones. El paso de estructura de muros de carga a porticada elimina las limitaciones de la distribución de espacios, las aberturas de fachada, etc.

En las cimentaciones, desde los años veinte hasta los cincuenta la tipología es prácticamente la misma pero, con la aparición de la estructura de hormigón, surgen los muros de contención, facilitando la aparición de las planta sótano.No obstante, en otro de sus edificio situado en la calle París 175–177 (años 40), aparece un semisótano con paredes de fábrica de ladrillo.

Y como elementos inmutables aparecen dos sistemas: la escalera y la cubierta. La escalera, de bóveda a la catalana únicamente será sustituida en los edificios para La Caixa, en el resto no se plantea la incorporación de otro material para ejecutar la escalera. En el caso de la cubierta, nunca existió la duda, cubierta a la catalana, con tabiques conejeros y las rasillas con el pavimento de acabado aparecen en todas las obras estudiadas.

Por lo que hemos podido conocer a lo largo del trabajo, durante los primeros años en los que se centra este estudio, los años 20 y 30, aparecieron nuevos sistemas y técnicas constructivas. En la arquitectura de Pere Benavent no se percibe este avance, se centra en la tradición constructiva de ladrillo, «tal com es fa normalment» (Benavent 1981). No obstante, en el edificio de la Avenida Gaudí sí se aprecia la modernización de la técnica al plantear el cambio de la disposición de las crujías e incorporando las jácenas de hormigón, por ejemplo.

Esta tendencia cambia tras la Guerra Civil, es un hecho que se puede confirmar con las ediciones del su libro *Com he de construir* y su versión castellana *Cómo debo construir*. Esta última tendrá 4 ediciones en los siguientes 10 años tras finalizar la guerra. La recuperación mayoritaria de este sistema constructivo es un retraso para ciertos arquitectos del momento, pero Pere Benavent continuó con su progresiva actualización de la arquitectura tradicional.

A pesar de que la incorporación de los nuevos sistemas constructivos es progresiva, su aparición en los edificios es inevitable. Las ventajas que ofrecen estos sistemas frente a las paredes de carga de ladrillo van aumentado con los años, menor especialización de la mano de obra, menor coste, mejora de las características técnicas, etc.La construcción tradicional acaba pereciendo frente a las innovaciones finalmente asumidas. Aunque de forma inmutable permanecerá la misma tipología de cubierta en sus

edificios, casi como un símbolo, un pequeño homenaje a la arquitectura catalana.

Además, el lenguaje de la arquitectura de su tiempo no parecía interesarle como el mismo escribió sobre los edificios de la Exposición Internacional de 1929. Lo que se percibe es que busca sus referencias en la arquitectura de épocas anteriores, concretamente, en la Edad Media, como he comentado anteriormente, a la que define como «arquitectura provista de alma y cuerpo, esqueleto y músculos» (Benavent 1973) como ya se ha dicho. Esta frase podría entenderse como una metáfora de lo que ocurre en los edificios de Gran Vía, en la que el esqueleto lo forma la estructura de hormigón y los músculos son los paños de obra cerámica.

Asimismo, la arquitectura de la Edad Media le dio la base para fijar la vista en los materiales, pasando a ser una de las partes que más le preocupaba de sus edificios. En más de un proyecto se percibe la necesidad de Pere Benavent de elegir materiales que le proporcionen al edifico una vida útil extensa, no porque ya se utilizara este concepto en el siglo XIX, sino por su durabilidad, la permanencia, la buena imagen con el paso de los años.

De hecho, el estado actual de conservación de estos edificios está por encima de los edificios contemporáneos. Pero no solo es resultado de una buena elección de materiales, también se debe a su involucración en la ejecución de sus obras: no solo fue arquitecto, podría decirse que también fue constructor.

Podemos concluir el trabajo afirmando que Pere Benavent se preocupaba por la funcionalidad de sus edificios, que tuvieran un buen comportamiento, más allá de la preocupación formal. Para Pere Benavent, la arquitectura era la guarida del hombre, del alma, y es éste el que la vivifica, le da un sentido.

Lista de referencias

Benavent de Barberà, P. 1933. *Una casa de vivendes econòmiques: Ad Gaudí, 56*. Barcelona: Obradors Gràfics Favència.

Benavent de Barberà, P. 1934a. *Com he de construir*. 2ª edició. Barcelona: Obradors Gràfics Favència.

Benavent de Barberà, P. 1934b. *L'Honor i l'alegria de l'ofici*. Barcelona: Gráfica Minerva.

Benavent de Barberà, P. 1935. Cases barates. *Arquitectura i urbanisme* 9: 21–22.

Benavent de Barberà, P. 1936. *Arquitectes i arquitectura*. Barcelona: Gráfica Minerva.

Benavent de Barberà, P. 1944. *Brisas de alegría y honor: el sentido profesional de la vida*. Barcelona: Lauro.

Benavent de Barberà, P. 1951a. *Escultores y arquitectos o lo decorativo en Arquitectura. Seguido de: Claudel y el Arquitecto*. Barcelona: H. de J. Ferrer Coll.

Benavent de Barberà, P. 1951b. *Espejo de Arquitectos*. Barcelona: H. de J. Ferrer Coll.

Benavent de Barberà, P. 1951c. *La confesión de un arquitecto*. Barcelona: H. de J. Ferrer Coll.

Benavent de Barberà, P. 1956. *Actualidad y arquitectura*. Barcelona: Artes Gráficas Requesens.

Benavent de Barberà, P. 1973. *Pere Benavent de Barberà: arquitecte, poeta i humanista: obres selectes*. Barcelona: Altes.

Benavent de Barberà, P. 1981. *Cómo debo construir*. 9ª edición. Barcelona: Bosch

Busquets, J. 2004. *Barcelona: la construcción urbanística de una ciudad compacta*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

Centellas, M.; Landrove, S.; JordáSuch, C. 2009. *La Vivienda moderna, 1925–1965: Registro Docomomo Ibérico*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Graus, R.; Rosell, Jaume. 2003. *Història de la Construcció a la Catalunya Contemporània*. Apaunts del Curs, Secció Història de la Construcció, UPC.

Guàrdia,M. (ed.) 2009. *El Ensanche. Génesis y construcción*. Barcelona: Lunwerg.

Hereu, P.; Oliveras, J.; Paricio, A.; Rodríguez, C.; Rosselló, M. 2013. *El Teixit residencial en la formació de la metròpolis moderna el cas de Barcelona (1840–1936) 3 volum*, Barcelona: Universitat Politécnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.

Parcerisa, J. 2014. *Barcelona urbanisme segle XX: vigila el mar, vigila les muntanyes*. Barcelona: Marge Books.

Paricio, A. 2008. *Secretsd'un sistema constructiu. L'Eixample. Barcelona*: Edicions UPC.

Rovira, J.M; Ansuátegui, I.P. 1982. Pere Benavent de Barberà: en el ocaso de la tradición. Del libro al personaje. Lo Comunitario es el espíritu del arte. Benavent constructor o realidad versus utopia. *CAU: construcción, arquitectura, urbanismo* 78: 39–56.

Sobrequés, J. 1991–2001. *Història de Barcelona, 9 volumns*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.

Tarragó, M. 1974. Pere Benavent de Barberà, arquitecte. *Revista del Centre de Lectura de Reus* 260:1577–1581.

Torres Capell, M. 1985. *Inicis de la urbanística municipal*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Otras lámparas para la restauración. Historia, Evolución, Tecnologías, con notas sobre los faros de Puglia (Italia)

Lucia Serafini
Chiara Sasso

La necesidad de orientarse en la inmensidad del mar para llegar a tierra firme es la génesis de la farología.

A menudo ocultos e invisibles desde tierra, los faros siempre han existido como infraestructuras de asistencia a la navegación, señalando mediante una luz en dirección a los embarcaderos y a los peligros del litoral.

Al igual que nuestra civilización, el faro nace en el Mediterráneo junto con la navegación; de hecho, su evolución técnica y arquitectónica coinicide paralelamente con la evolución de la navegación.

Caracterizado por su verticalidad, a pesar de su estructura «llamativa», el faro no nace como obra monumental, sino que adquiere este carácter involuntariamente.

La forma viene determinada por exigencias de visibilidad, las características constructivas por exigencias de estabilidad y resistencia.

Se trata, en definitiva, de una arquitectura de una geometría purista y una dialéctica funcional de luz y eclipse, de gravedad y levedad, de casa y trabajo, de acercamiento y alejamiento. Su función, además, no se limita a la señalización luminosa. La misma estructura ha sido utilizada por los pueblos del interior para la defensa del territorio.

Los primeros sistemas de señalización consistían en hogueras colocadas a cierta altura o sobre promontorios, con carácter temporal y ocasional. La provisionalidad es lo que diferencia al antiguo concepto de faro del actual, ya que solo después de la formación de unidades político-territoriales, estas construcciones pasaron a ser fijas y a representar un sistema estructurado de señalización del territorio, indispensable para organizar las operaciones por tierra y mar.

El efímero concepto de provisionalidad encierra lo que fue un sofisticado coordinamiento estratégico de más estructuras (pequeños faros, estructuras fortificadas y faros monumentales de las grandes ciudades), jerárquicamente organizadas para cumplir las funciones de control territorial y de vigilancia de movimientos marítimos y terrestres, además de proporcionar información logística. Un verdadero sistema comunicativo basado en la codificación de señales de luz y de humo, reflejos de espejos y sucesiones de sonidos de instrumentos acústicos primigenios en caso de escasa visibilidad; precursor del actual lenguaje internacional de los faros.

La importancia de los faros en la cultura y en la memoria colectiva del mundo antiguo se confirma al ser citados el faro de Alejandría (299–288 a.C.) y el coloso de Rodas (290 a.C) como dos de las siete Maravillas del mundo, y no solo por el hecho de ser faros de dimensiones monumentales, fundamentales y decisivos para la vida, la economía y el prestigio de sus respectivas ciudades portuarias.

El faro de Alejandría, en particular, con su estructura tripartita «cubo-cono-cilindro», representa una tipología tardía, síntesis de las características formales, militares y técnicas de los faros precedentes, y de la cual se influencian los sucesivos.

La evolución técnica

Reconstruir la evolución técnica y arquitectónica de los faros significa hacer un recorrido por la historia de los pueblos y del comercio en paralelo al progreso de la tecnología.

Los primeros faros eran simplemente hogueras encendidas en altura y alimentadas con leña, un combustible fácil de conseguir pero que requería una supervisión constante para mantener la llama, que corría el riesgo de extinguirse a causa del viento o de la lluvia.

Con el tiempo, las fogatas fueron sustituidas por lámparas de aceite: una materia prima ya generalizada. En el Mediterráneo, se empleaba aceite de oliva; en el Medio Oriente, aceite de sésamo, y en el norte de Europa, grasa animal.

En el período clásico, los romanos construyeron un faro en cada puerto. Al menos treinta torres de señalización iluminaban el Mediterráneo antes de la caída del Imperio: entre estos, en España sobrevive el faro de La Coruña en la región de Galicia (la antigua Brigantium).

Con la caída del Imperio (476 d.C.), se produjo un vacío de poder en el Mediterráneo; las flotas fueron desarmadas y los faros cayeron en desuso y, por lo tanto, fueron confinados al abandono. Debido al peligro de las invasiones bárbaras, la navegación vuelve a ser costera y diurna y los faros pierden su utilidad, pudiendo ser de ayuda para las rutas de los invasores en vez de para los navegantes en dificultad. En la Edad Media, son las torres de los monasterios eremíticos, extendidos por las costas atlánticas de Inglaterra y Francia, las que cumplieron la función de los faros, con fuegos alimentados según las técnicas tradicionales.

Habrá que esperar hasta el establecimiento de las repúblicas marítimas italianas, a comienzos del siglo xii, para la revitalización del comercio. El Mediterráneo vuelve a ser el escenario de flujos comerciales y la necesidad de aumentar la seguridad de la navegación supone el renacimiento de la aplicación de los faros. Génova, en el 1157, se dotó de una torre, la actual «Linterna»: un faro de 76 m de altura, símbolo de la ciudad, consolidado y modificado en el tiempo debido a los daños sufridos durante las guerras y batallas. En Pisa, se construyó el primer faro en mar abierto, una torre de base cuadrada y 20 m de altura, erigida sobre una base poco profunda; Venecia, aparte de la construcción de faros en la entrada al puerto, se dotó de un sistema de faros para facilitar el tráfico dentro de la Laguna.

Entre los siglos xvi y xvii, en detrimento de su función, el faro se convierte en un monumento, símbolo de potencia y de prestigio y, por lo cual, se le confiere una arquitectura ornamental que sigue los estilemas renacentistas y barrocos; por otra parte, en muchos casos, las deficiencias estructurales y tecnológicas los confinarán a su demolición y reconstrucción.

Será con la llegada de la revolución industrial cuando se disponga de los recursos económicos y tecnológicos necesarios para poner en marcha la investigación en este sector. Uno de los principales problemas era la escasa intensidad del rayo luminoso, que a menudo disminuiba a causa de las fugas de hollín producidas por la combustión. Esto se remedió, al comienzo del siglo xix, con el uso del petróleo como combustible y con un sistema de reflexión de la luz, desarrollado en 1765 por el científico francés Antoine Lavoisier, que consistía en una superficie parabólica reflectante, en cuyo foco se colocaba una fuente de luz que permitía concentrar los rayos en un haz luminoso.

Fue, en cambio, un relojero, Bertrand Carcel, quien diseñó en el 1800 una bombilla equipada con más mechas concéntricas. Se trataba de un mecanismo en el que un aparato bombeaba aceite a presión a las mechas (Covino, Monte 2008, 78). Además del aceite, otros combustibles revolucionarios fueron la parafina y el gas, que junto a descubrimientos como el del sueco Gustaf Dalen – el cual diseñó un complejo artilujio capaz de regular el flujo de gas, permitiendo que la bombilla se encendiese solo al atardecer – concedieron una mayor autonomía a los faros más deteriorados y abandonados (Bartolomei 2005, 72).

En el panorama evolutivo tecnológico, el descubrimiento más importante y determinante del siglo xix fue seguramente la lente de Augustin Jean Fresnel. Físico e ingeniero francés que, en 1825, inventó una lente convergente con una parte escalonada (prismática) capaz de concentrar el haz luminoso en una sola dirección. El sistema óptico resultaba de una combinación de anillos catóptricos y dióptricos que reflejaban la luz original que se colocaba en el centro.

En 1885, el austríaco Carl Auer von Welsbach ideó un sistema de incandescencia que aumentó la

luminosidad de la bombilla, mientras que en 1892 se descubrió el acetileno, un compuesto químico de hidrógeno y carbón que confería una potencia luminosa veinte veces superior a la de otros gases (Covino, Monte 2008, 52).

Por último, en el siglo XX, el descubrimiento de la primera lámpara incandescente por parte de Edison revolucionó definitivamente la tipología de los faros, remplazando todas las tecnologías anteriores y poniendo en marcha el proceso gradual de completa automatización de las instalaciones, hoy en día monitorizadas mediante sistemas centralizados y vía radio.

La evolución tecnológica y la destitución de los faros tradicionales

El siglo XIX se ha definido como el siglo de oro de la farología. El panorama mundial se enriquece y se estructura con un sistema de faros diversificado en función de las fechas y los lugares de construcción. En Inglaterra, que reafirma su dominio naval, surgieron extraordinarias estructuras de ingeniería: entre los más destacados se halla el faro de Eddystone en Escocia, uno de los primeros modelos de faros construidos en mar abierto, que representó un ejemplo para todos los faros británicos.

En Francia, se realizaron faros monumentales de gran altura, ricamente decorados en su interior con piezas de maderas preciosas: son ejemplos de esto el faro de Isla Virgen (Île Vierge), el más alto de Europa con 82,5 m, el faro de Cordouan, construido durante el Renacimiento y ampliado en el siglo XVIII, y muchos otros que en el curso del decimonono, en contraposición a la simplicidad inglesa, exhiben una arquitectura monumental ecléctica, como el espectacular faro de Bremerhaven en Alemania, construido con clínkeres rojizos.

Los faros italianos, por su parte, salvo alguna excepción, están entre los más recientes del panorama mundial, ya que no fue hasta después de la Unificación de Italia cuando el Ministerio de Obras Públicas, con poder centralizado y un control costero extendido a toda la península, promueve un programa para intensificar y modernizar la red de faros costeros, potenciando el sistema en los 8 000 km de costa.

«Si existe un país en el que se pueda decir que los faros son más indispensables, ese es ciertamente Italia, no tanto por su ubicación topográfica, sino por su costa particularmente accidentada» (Ministerio de Obras Públicas del Reino de Italia, 1873).

La función de señalización, actualmente, ya no necesita de una infraestructura arquitectónica, su desarrollo traspasa la barrera de lo material. Paradójicamente, la historia de la farología está destinada a su fin a causa del mismo desarrollo económico que fue determinante en la evolución de los faros tradicionales, y que hoy en día se remite a un sistema de información y comunicación por satélite.

El faro como elemento de vínculo entre el mar y el hombre, con la automatización, ve desaparecer esta relación, se apaga su vida interior y se deteriora matéricamente. Estas son las causas y consecuencias de su progresivo desuso y destitución.

Instrumentos y métodos de estudio

Actualmente, el patrimonio de los faros es poco conocido y no se han realizado muchos estudios especializados al respecto. La bibliografía existente acerca de la materia versa principalmente sobre los faros del océano Atlántico, ya sea en la margen europea como en la americana; solo recientemente se han publicado algunas obras y contribuciones referidas a los faros italianos (Simonetti 2000).

La señalización marítima italiana está gestionada desde 1910 por la Marina Militar, a través de un servicio estructurado jerárquicamente (Órgano de inspección logística naval, Oficina técnica, Unidades de zona, Regencias).

El de los faros es un patrimonio nacional no homogéneo, sino variado en cuanto a soluciones formales y estilos. Los factores condicionantes son el contexto cultural y ambiental y la localización geográfica. Cada faro es unívoco en el contexto de su ubicación geográfica. Ideados para resistir al paso de los siglos, reflejan las características del lugar, resaltando los valores del entorno mediante su arquitectura (Bartolomei 2005, 21).

Son diversos los parámetros técnicos de clasificación de los faros: a saber, acuáticos o terrestres, fijos o flotantes, principales, secundarios o direccionales. Dado que Italia no representa un contexto oceánico, no hay faros acuáticos (aislados en el mar) y el sistema completo de asistencia a la navegación está compuesto por, además de faros, fanales, nautófonos, boyas y racones (aparatos radioeléctricos).

Si bien es posible concretar una clasificación técnico-funcional de los sistemas de señalización, menos sencillo es delimitar las tipologías arquitectónicas. Como decíamos, son diversos los factores que influencian la construcción de un faro: la ubicación geográfica, el entorno, las tecnologías disponibles, los factores políticos, el estilo arquitectónico de la región, etc. La investigación histórica y la observación crítica son instrumentos propedéuticos e indispensables para la comprensión y el estudio de tales estructuras.

Por todo lo dicho, siendo imposible disociar un faro de su contexto paesajístico, debe ser observado desde lejos para comprender su planteamiento sobre el terreno, desde cerca para estudiar los materiales y las técnicas de construcción empleadas y desde dentro para comprender la disposición y relación de los espacios. El sistema arquitectónico se articula en tres componentes funcionales: la linterna, la torre y el edificio de servicio. En relación a la localización o al tipo de señal necesaria, podemos definir las siguientes tipologías de faro:

- faros de base baja, construidos en lugares aislados y elevados sobre el nivel del mar (costas altas y rocosas), caracterizados normalmente por una torre inferior a 20 m y un edificio de servicio en dos niveles;
- faros de base alta y faros de torre alta, situados en lugares poco elevados sobre el nivel del mar (costas llanas y bajas) o zonas urbanas: presentan una torre de altura superior a los 30 m y un edificio de servicio de uno o dos niveles, o bien pueden carecer de edificio de servicio y poseer una habitación debajo de la sala del reloj;
- faros de torre baja y torre media, se localizan en sitios aislados o en el mar, constituidos por una torre entre los 20 y los 30 metros de altura, normalmente sin edificio de servicio;
- faros sobre torres o fortificaciones, localizados a lo largo de la costa, se hallan sobre todo en el sur o en las islas, a menudo la torre que lo compone es la misma torre defensiva o fortificación, a la cual se le añade directamente la linterna, las estancias de servicio y las salas también vienen proporcionadas por la estructura ya existente.
- faros sobre andamios, esta tipología también puede estar construida sobre estructuras precedentes, constituidas por un entramado de acero que soporta la linterna y sustituye a la torre.

La edificación funcional más recurrente presenta una esquemática disposición interna: un pasillo de distribución central, longitudinal al edificio y con acceso a las salas especulares a ambos lados, siguiendo una repetición simétrica interrumpida por el vano circular de la escalera, que está colocado en eje a lo largo del pasillo. Se puede observar la misma distribución en los demás niveles. Los espacios de almacenamiento, las cisternas para la recogida del agua pluvial y servicios básicos, como la lavandería o el horno, se sitúan en las plantas inferiores, bajo tierra o al exterior, en pequeñas construcciones adyacentes. Las estancias para uso familiar o las residencias comunales, en cambio, se encuentran en la primera y la segunda planta. La complejidad de los espacios unifica la vida privada con la laboral, funde los horarios de una con los de la otra; la polifuncionalidad del edificio genera un microcosmo autónomo y autosuficiente, distinto e indipendiente de los mecanismos de la vida urbana.

Los faros de Tierra de Otranto en Apulia (Italia) y el caso de Punta Riso

En el contexto de la península italiana, desempeñan un papel excepcional los faros de Tierra de Otranto, en Apulia. Los primeros faros pulleses fueron realizados en el período pre-Unificación por los Borbones e impulsados en 1859 gracias a un programa de financiación del Reino de Nápoles. Para llegar a comprender su valor, por no hablar de su importancia estratégica en el territorio, basta pensar que, en 1851, en la península italiana había cuarentaisiete faros, de los cuales tan solo quince se encontraban en la costa adriática. La Tierra de Otranto era una antigua comarca perteneciente al Reino de Nápoles, la cual después se convertiría en provincia del Reino de las Dos Sicilias, que comprendía los territorios de las actuales provincias de Lecce, Bríndisi, Gallípoli y Tarento. La presencia de cinco puertos — situados en las ensenadas naturales, consideradas embarcaderos seguros, que luego se convertirían en los primeros nexos del tráfico de productos alimentarios entre Europa y el Mediterráneo — explica el papel fundamental de la extensa red de estructuras de servicio a la navega-

ción, corroborado con el paso de los siglos por las transformaciones que han experimentado los puertos de Tarento y Bríndisi para cumplir funciones militares, industriales y de transporte de pasajeros.

Una vez unificada Italia, debido a la intensificación de las rutas comerciales y a las necesidades defensivas del sur, fueron construidos en este orden: el faro de Gallípoli, en la isla de Sant'Andrea (1862–1864); el faro de S. Maria di Leuca (1863–1865); el faro Punta Palascia en Otranto (1863–1867); el faro de S. Cataldo en Lecce (1865–1896); el faro de S.Vito en Taranto (1865–1896); el faro de Punta Riso en Bríndisi (1890–1895); el Forte a Mare de Bríndisi (1930–1938); el faro Torre San Giovanni en Ugento (1932).

La singularidad arquitectónica de estos faros es el reflejo de un territorio caracterizado por la variedad de entornos geográficos, por las estratificaciones históricas y por la fusión artística y cultural fruto de la convivencia entre diversas civilizaciones.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y los acontecimientos históricos, y dado un conocimiento previo de los caracteres peculiares de estas estructuras, la primera aproximación a su estudio debe basarse en una metodología operativa de documentación, en términos de recopilación de datos de carácter histórico, técnico y arquitectónico, desde un punto de vista bibliográfico y archivístico, orientada a la redacción de fichas de catalogación, útiles para el censo de estas construcciones y su puntual identificación.

El faro de S. Vito, el faro de Gallípoli, el faro de S. Maria di Leuca y el faro de Palascia se encuadran en la tipología de base alta, dotados de edificio de servicio articulado en dos niveles, cuya morfología varía según la localización. El faro de S. Vito está construido sobre una costa baja y actualmente incluido en la estructura urbana costera; el faro de Gallípoli se erige sobre la pequeña isla de Sant'Andrea frente a la ciudad; el faro del cabo de Leuca y el faro de Punta Palascia en Otranto, se hallan aislados en costas altas y rocosas. El faro de Ugento, por su parte, pertenece a la categoría de faro sobre torre; de hecho, toma su nombre de la torre de San Andrea, el bastión del siglo XVI sobre el cual se alza un torreón hexagonal. El faro de S. Cataldo es una variante parecida a las primeras pero sobre una base de altura media, construido sobre una costa baja al nivel del mar, que se compone del edificio de servicio de una planta además de un semihipogeo y una torre de 23 m de altura.

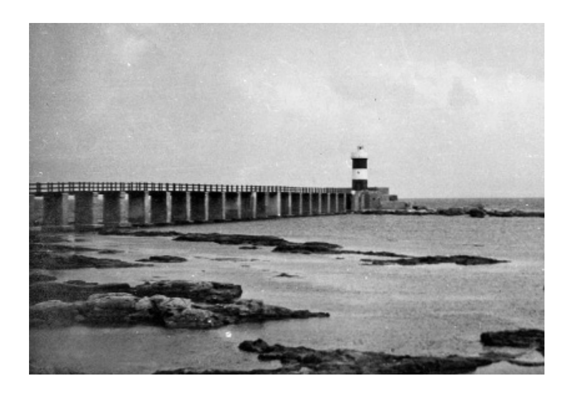
Parte de estos faros están siendo considerados para su cesión; todos ellos conservan aún la linterna y siguen en activo, sin embargo, los edificios de servicio están ya en desuso en muchos casos para la logística de los fareros, algunos son sede de actividades complementarias, otros han sido abandonados. Un destino diverso han tenido los faros de Bríndisi: el faro de Punta Riso y el faro del Forte a Mare, únicos y extraordinarios por la geometría y la ubicación.

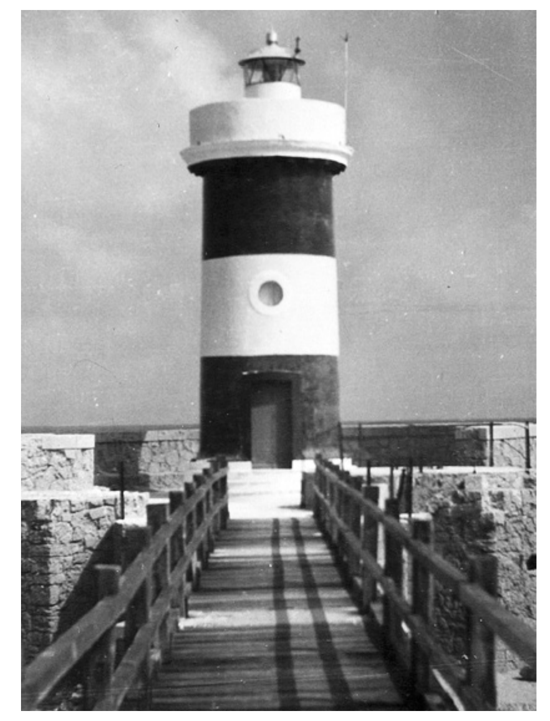
El faro Forte a Mare yace sobre el Castillo Aragonés o Alfonsino. En 1930, se realizó una estrtuctura de hierro con forma de tronco piramidal y base cuadrada para sostener la linterna del faro. Activo hasta el 1984, actualmente está sujeto por una plataforma y está en peligro de desaparecer de la memoria colectiva y del Patrimonio de Arqueología Industrial Marítima.

En estado de conservación grave se encuentra también el faro de Punta Riso. Se trata de una estructura cuya realización ha sido ordenada por la Comisión de Puertos en 1890 para indicar la isla de Sant'Andrea, al norte del puerto externo, y dotado con una linterna de tipo IV con luz centelleante.

En 1895, fue construida la escalera para permitir el acceso en barca a los guardafaros y, probablemente en el mismo año, también el puente de madera y arrabio de 210 metros de longitud que lo unía a la isla. En 1931, es reconvertido en un fanal de luz verde intermitente situado a la derecha según se entra al antepuerto de Bríndisi y, en 1952, se realizó sobre la torreta una linterna metálica para albergar los nuevos equipamientos de tipo V. La torre permaneció blanca desde su realización hasta 1959, cuando fue recubierta con lozas mayólicas blancas y negras que componían rayas horizontales alternas, dos negras y una central en blanco (figuras 1 y 2)[1].

La construcción, en 1985, del dique de Punta Riso, encargada por el Ministerio de Obras Públicas para los trabajos portuarios, supuso que se llenara de agua el cristal entre el faro y la isla, lo que determinó la destitución del faro con el consiguiente traslado del sistema óptico a una nueva torre bicolor, construida a algunos metros de distancia del mismo. Además de poner fin a la actividad del faro, la construcción del dique ha supuesto la demolición de la parte noroeste, comprometiendo la integridad formal y volumétrica y confiriendo al edificio una imagen deteriorada. La señal luminosa de la nueva torre, en noviembre de 1982, funcionó temporalmente como faro de aterriza-





Figuras. 1 y 2
Faro de Punta Riso, 1959 Archivo Marifari Tarento, Noticiario de señalización n. 3638/2200.



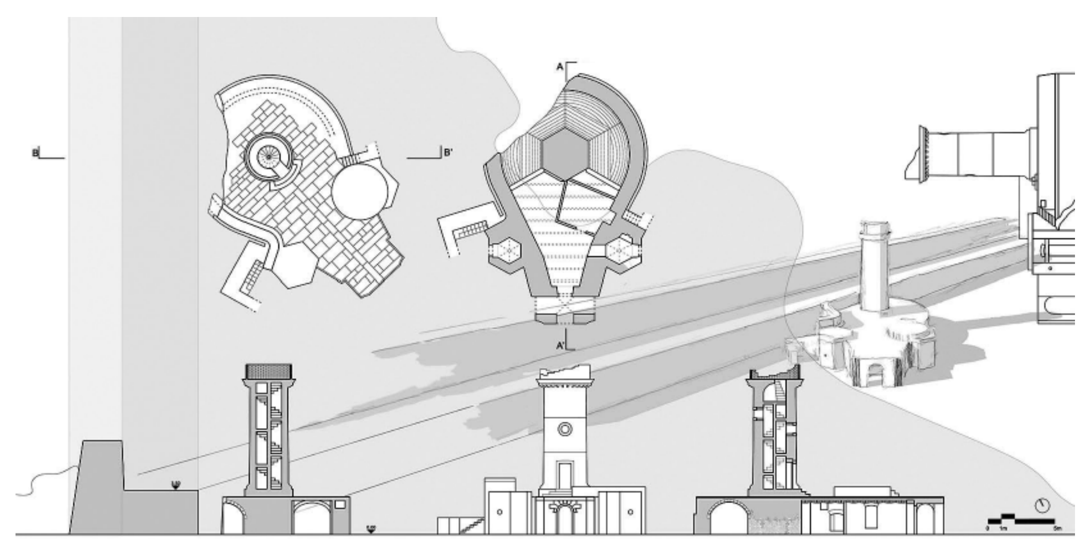
Figura 3
Isla de Sant'Andrea - Bríndisi. Faro de Punta Riso, fachada noroeste.

je de luz blanca para después ser apagado definitivamente pocos años después. Dicha linterna ya no se encuentra *in situ* (figura 3).

Respecto a la estructura funcional más recurrente, que se distingue por una esquemática división interna típica de los «faros con base», el faro Punta Riso representa una tipología poco habitual: compuesta por un torreón circular de diez metros que se yergue en un soporte circular, enclavado sobre rocas artificiales colocadas en el bajofondo (figura 4).

El espacio circular ubicado en la base es potencialmente asimilable al cuarto de servicio, al cual se anejan otros dos locales independientes que no han sido utilizados por los guardafaros, ni como alojamiento ni como almacén, debido a la excesiva humedad. Toda la estructura está hecha con bloques de piedra local de tipo «carparo», de una variedad rojiza, al igual que el Castillo Aragonés (también denominado Castillo Rojo), situada en las inmediaciones de la misma isla. Los muros de la base están constituidos por una parte interior rellena de mortero y una parte exterior realizada con sillares de mampostería a la vista, mientras que la torre presenta una arquitectura sencilla con sillares de piedra de iguales dimensiones y disposición horizontal regular, revestida de lozas moyólicas bicolores de 20 milímetros. Asimismo, la estructura está precedida en la parte frontal por un vestíbulo de bóveda de cañón y tres cavidades de acceso con arco de medio punto, cuyos muros están construidos con piedras bien labradas de dimensión variable y orientación regular. Los cantones frontales interrumpen esta regolaridad, con sillares esculpidos de forma cóncava superpuestos alternadamente para asegurar la realización de la ensambladura de paredes ortogonales.

Las estancias de servicio presentan una cúpula de medio punto, la cual representa una constante presente en todos los faros pulleses, con una variedad de tipologías ligada a la tradición autóctona de la bóve-



Figuras 4
Faro de Punta Riso; plantas, fachadas y secciones.

da estrellada o de Lecce; bóveda de cañón; bóveda de crucería; bóveda esquifada o de aljibe. En concreto, la estancia circular, en su unidad, presenta una cubierta tórica basada sobre ábacos hexagonales en el interior y circulares al exterior. Únicos son también las dos pequeñas salas independientes, colocadas al exterior simétricamente respecto al vestíbulo, que presentan una bóveda de crucería sexpartita. La zona de entrada, sin embargo, que une el vestíbulo con el espacio circular, cuya cubierta se compone de un sistema de bovedillas y vigas. La disgregación del edificio para la realización del dique ha repercutido sobremanera en el habitáculo circular y en su extraordinaria cúpula.

Además del «carparo rojizo», que distingue estéticamente la obra, se ha empleado piedra calcárea blanquecina para las piedras de la escalera de caracol de la torre y para los adoquines del revestimiento externo y accesible de la cubierta. La pizarra, la cual normalmente se utiliza para revestir los peldaños de las torres, debido a su peculiar dureza y resistencia a las temperaturas, también resiste a la fuerza de las olas, por lo que se ha empleado para alicatar los escalones del embarcadero que bajan desde la torre hasta el nivel del mar.

La disgregación del edificio ha sido determinante en el proceso de conservación – perdurabilidad y transformación de los materiales – cuyo deterioro depende ulteriormente de los efectos químicos y biológicos del medio marino. Como está construido sobre una isleta, el faro está particularmente expuesto a la corrosión de las sales procedentes del mar y a la acción del viento, que han favorecido los procesos de alveolización y erosión de la superficie pétrea y, en algunos casos, la pérdida total de ciertos elementos. La fachada este es la más expuesta al mar y, por lo tanto, su desgaste es evidente; mientras que la fachada noroeste, a la sombra a partir de la construcción del dique, presenta una superficie infestada por la vegetación criptógama, además de una alteración cromática de la piedra, tendente al gris.

La restauración del faro Punta Riso que proponemos, aparte de la limpieza y la eliminación de la vegetación infestante, se centra en el reforzamiento de las cúpulas y en una intervención de reintegración de la imagen a través del tratamiento de las superficies de piedra, teniendo siempre presente los principios de continuidad y distinción de lo nuevo respecto a lo antiguo también en la reconstrucción, ahí donde fuese necesaria, de la base del faro en la parte próxima al dique, así como un parapeto en la fachada este (figura 5).

Lejos de separar las partes y perder la coherencia entre ellas, el proyecto está dirigido a enlazar los dos

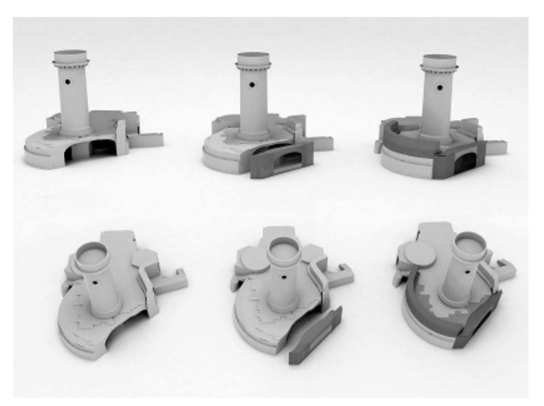


Figura 5
La reintegración de la imagen, modelo volumétrico.

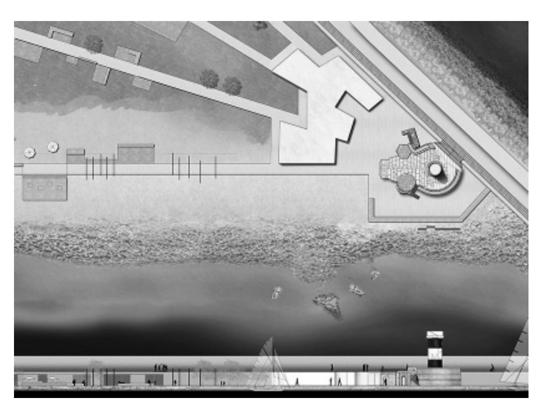


Figura 6
El proyecto del museo, planimetría y prospectiva.



Figura 7
Vista externa del faro-museo y del dique exterior.

edificios del faro propiamente dicho y el dique, convirtiéndolo en parte integrante de un nuevo complejo, capaz de adoptar y exhibir la clara estratificación de los cambios sufridos en el tiempo. De modo que en la reconstrucción, el aislamiento del exterior del vano circular, sometido a la altura del dique, se puede efectuar mediante una mampara de vidrio, un material ligero y transparente capaz de mantener la relación visual con el dique, mientras que, en la cubierta, la continuidad física entre la altura de la diga (3,50 metros) y la del faro (2,80 metros, al igual que el acceso a la torre) puede realizarse mediante una escalinata que sirva de elemento cohesivo entre el dique y el faro, permitiendo a este último la unión con el itinerario peatonal a lo largo de los dos kilómetros del dique exterior. Se trataría, en definitiva, de una pasarela de madera, acondicionada con zonas recreativas y miradores elevados, aptos para realizar actividades deportivas y pesqueras, practicadas regularmente (figuras 6 y 7).

En un contexto privilegiado, la restauración del faro y su restitución funcional han sido propuestas como el núcleo de la valorización de toda la isla de Sant'Andrea, que cuenta no solo con el faro en cuestión sino también con la imponente presencia del Castillo Aragonés (s. XV), con el faro de Forte a Mare (1930) y con el dique exterior de Punta Riso (1990).

Si la ciudad es el puerto, la isla de Sant'Andrea es «la ciudad». La isla se convierte en sinécdoque de la realidad histórica de una de las ciudades más importantes del Mediterráneo, la cual, debido a su ubicación geográfica, ha debido asumir inevitablemente una posición de responsabilidad y definir en cada época la relación entre el mar y ambas costas, lo cual ha dado lugar a procesos de estratificación.

Los numerosos faros de Bríndisi, el Forte a mare, el castillo suabo de tierra, son testimonios matéricos de la vocación portuaria de la ciudad, una constante en el paso de los siglos que ha generado este complejo vínculo entre el mar y la ciudad –thalassos, pelagos, pantos– unas veces defensivo, otras de recibimiento.

En el plano histórico, todas las actividades de la ciudad han tenido algún punto de contacto con el mar, y aunque inorgánica, la franja litoral se presenta consolidada y compacta, dejando pocos espacios utilizables para la colectividad. La isla es la única parte que permanece excluida de las actividades productivas y que ya no desempeña funciones militares. Con el fin de lograr una nueva y actual relación entre las dos partes, el *modus operandi* es destacar los

símbolos de identidad (faros, castillo, dique), los aspectos prácticos (deporte, cultura, tiempo libre) y perseguir el objetivo de la «continuidad», o bien el principio de adición (clásico proceso de estratificación de la ciudad mediterránea) dando un sentido a la recuperación y favoreciendo una lectura crítica del lugar (figura 8).

Es este el objetivo con el que la presente contribución quiere ir más allá de la restauración y reutilización del faro y proponer una «lectura» de un territorio – la Tierra de Otranto – que ha tenido influencia en tantos ámbitos a causa de su proximidad con Oriente, hasta el punto de posicionarse como un auténtico Ecomuseo del Mediterráneo.

En el interior de diversos monumentos destacados, de hecho, se pueden habilitar secciones museísticas dedicadas a los pueblos del Mediterráneo, enlazadas en un sugestivo itinerario de 450 km para el descubrimiento de la belleza de las costas pullesas (figura 9).

En el caso específico del faro de Punta Riso, el proyecto podría contar con exposiciones dedicadas al pueblo albanés, significativamente ligado a la ciudad de Bríndisi, que fue escenario de su éxodo en los años noventa. El acondicionamiento de las áreas museísticas podría incluir, por lo tanto, la creación de una pequeña construcción anexa al faro, por debajo de la altura del dique e incorporado a los demás ele-

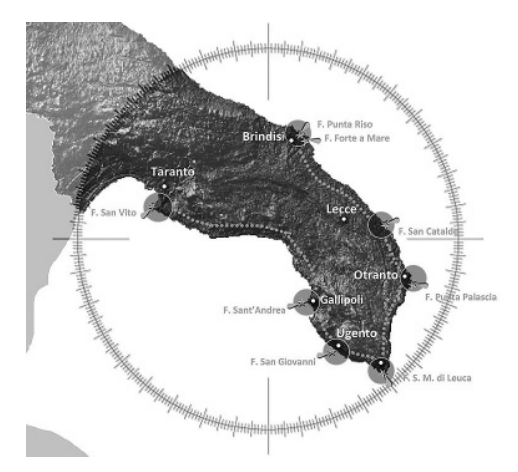


Figura 9
Itinerario del Ecomuseo del Mediterráneo.

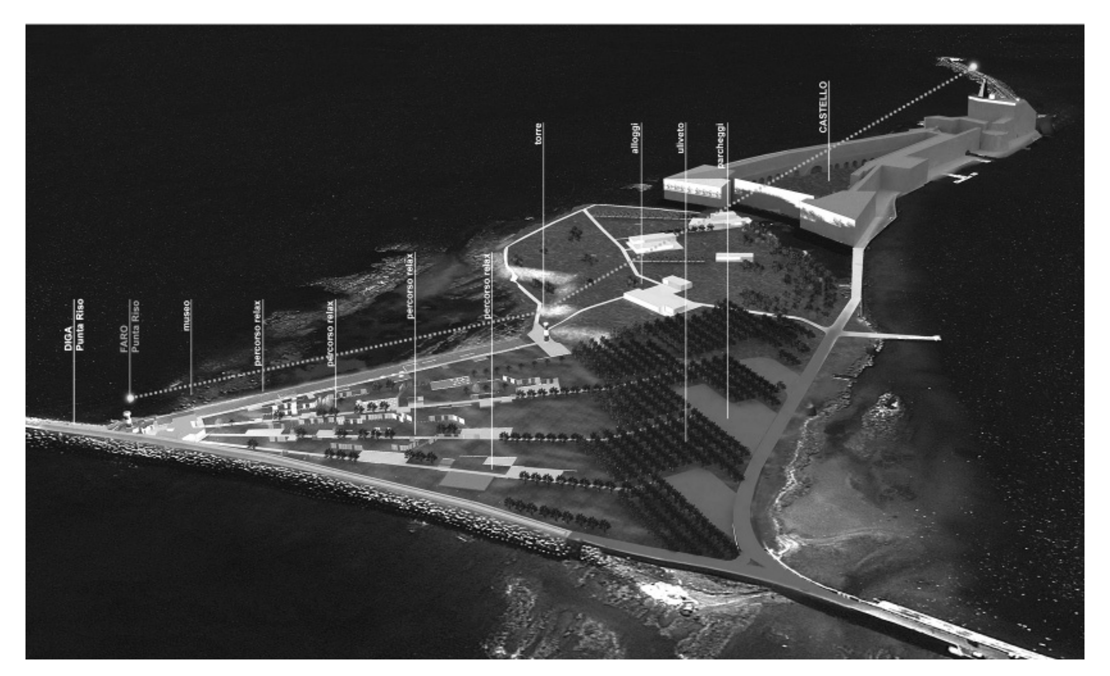


Figura 8
Planimetría general del proyecto de la isla de Sant'Andrea.

mentos de la isla con el fin de unirlos en un mismo organismo funcional y unitario.

Sin embargo, es obvio que, en una estrategia más amplia de recuperación, la del faro de Punta Riso puede participar en un programa más amplio de reutilización y revalorización de los edificios militares en desuso con el objetivo de recibir visitantes, que se integraría junto con el Castillo Aragonés, que ya alberga eventos culturales, en la oferta cultural y de servicios del «sistema isla».

Solo de esta manera, el faro de Punta Riso, que actualmente da la espalda al mar y mira hacia el castillo y la ciudad, podría, metafóricamente, encender de nuevo su luz, desplazando su haz a ras de suelo, en una secuencia radial de itinerarios y vistas capaces de relacionar y conectar los servicios y las áreas habilitadas del proyecto, evocando así el antiguo trazado del puente viejo. Todo esto haciendo destacar, en el campo perspectivo, el faro y su contexto.

Notas

1. Siempre y cuando no se especifique, las fotografías, los planos y los bocetos son de Chiara Sasso.

Lista de referencias

Bartolomei, Cristiana. 2009a. *I fari d'Italia.* Vicenza: Magnamare.

Bartolomei, Cristiana. 2009b. «I fari dismessi .Una speciale eredità culturale dell'ambiente costruito». *Rivista Marittima*, agosto 2009: 57 – 68.

Bartolomei, Cristiana. 2009c. «Il faro di San Cataldo». *L'Adriatico* 11: 52 – 53.

Bartolomei, Cristiana. 2009d. «*Il faro tra le bianche spiagge di Torre Canne*». *L'Adriatico,* 13: 44 – 45.

Bartolomei, Cristiana. 2008. *Fari e Semafori sulle Coste d'Italia.* Vicenza: Magnamare.

Bartolomei, Cristiana. 2005. *L'architettura dei fari italiani. Architecture of italian lighthouse.* Firenze: Alinea.

Boscolo, Gianni. 2015. *Breve storia dei fari da Omero a internet*. Milano: Mursia.

Bossi, Giovanni. Cioni, Elvio. 1964. *Sinossi ad uso dei corsi per agenti fari*. Ufficio tecnico fari - La Spezia

Covino, Renato - Monte, Antonio. 2008. *Il patrimonio marittino di Terra d'Otranto. L'Arsenale militare di Taranto, i porti e i fari*. Roma: Viella.

Fatta, Francesca. 2002 *Luci del Mediterraneo. I fari di Calabria e Sicilia*. Soveria Manelli: Rubbettino.

Francisco e Manuel Aires Mateus, 2010. «Santa Marta Lighthouse Museum». In *Area* 109: 80–89.

Manfredini, Camillo – Pescara, Antonio Walter. 1985. *Il libro dei fari italiani.* Milano: Mursia.

Massariolo, Luciano. 1989. *Manuale per i tecnici dei fari*. La Spezia

Massariolo, Luciano – Zanelli, Guglielmo. 2008. *I fari e i segnalamenti marittimi italiani*. Roma: Viella.

Ministero dei Lavori Pubblici del Regno d'Italia. 1873. *Album dei fari Illustrato dalle notizie intorno ai loro caratteri e posizione*. Firenze: Laudi e Steffen.

Patrick, Beaver. 1971. *A history of lighthouses.* Londra: Peter Davies

Simonetti, Enrica.2009. *Luci sull'Adriatico. Fari tra le due sponde.* Laterza, Roma-Bari: Laterza.

Simonetti, Enrica. 2000. *Lampi e splendori. Andar per fari lungo le coste del sud*. Laterza, Roma-Bari: Laterza.

Zanelli, Guglielmo.2008. *I fari italiani dell'Adriatico*. Roma: Viella.

Una hoja de ladrillo construye un ábside medieval y franciscano

José Ramón Sola Alonso

La «geometría fabrorum» es la expresión que recoge el proceso histórico de depuración, tanto empírica como científica, de la geometría como constructora de la forma arquitectónica (Ruiz de la Rosa 1987b, 264; Ruiz de la Rosa 2005, 1001–1008). A finales de la Edad Media concluye este proceso, sustanciando uno de los fundamentos principales del planteamiento geométrico medieval en occidente. Villard de Honnecourt[1] (Erlande-Brandenburg 1991, 21) lo resume básicamente en el empleo de la regla y el compás, para la realización de formas geométricas elementales como el cuadrado o el triángulo, convirtiéndose en un importante instrumento a disposición los maestros de obras en la construcción de fábricas. A principios del siglo XIII muestra en su Cuaderno (Villard de Honnecourt 1991) los métodos de ad cuadratum y ad triangulum, como unidades de disciplina[2] y principios generadores arquitectónicos. Sin embargo, este instrumento no fue ningún invento occidental.

La geometría euclidiana era conocida perfectamente por la cultura islámica (Kostof 1984, 65–98). De hecho los Elementos de Euclides son traducidos del árabe al latín en 1120[3], lo que significa que el compás y la regla son empleados por el oficio alarife, mostrando una manera de hacer «trasmitida asistemática y fragmentariamente por tradición oral dentro de los gremios, con algún apoyo de naturaleza métrica» (Ruiz de la Rosa 1987b, 198). Más aun, en las escuelas islámicas se enseña también el Almagesto de Ptolomeo, una firmes matemáticas constatadas desde el s. XI con el sistema de numeración decimal hindú del Algebra de al-Khuwarizmi y la diferencia entre aritmética y geometría[4] a través de al-Chaijami desde el s. XII.

En la España medieval esta situación reproduce un fenómeno extraordinariamente singular, escenificando el complejo maridaje entre oriente y occidente. Los aspectos políticos, económicos, formales y artísticos [tipología, estructura, composición, decoración, etc.] de este período, facetan una diferente manera de hacer la arquitectura, denominada mudéjar, en la prolija convivencia que se establece entre la cultura islámica y la occidental cristiana y europea. La complejidad de lo mudéjar, conceptualizada bajo el termino de manobra, acuñado por el profesor Borrás Gualis (2007, 411–412), describe un trabajo unitario aglutinador de todos los aspectos del proceso de formalización de la arquitectura [material, técnica y sistema de trabajo]. En definitiva, este maridaje (Amador de los Ríos 1859) lo entendemos como la amalgama del islam y el cristianismo para la generación de una nueva naturaleza, de una inédita expresión arquitectónica.

Con estos antecedentes abordamos la investigación del ábside de la iglesia de La Peregrina[5], cuyo resultado es el objeto de la presente aportación y que concluye revelando el origen genuino del templo.

Descripción general del templo

Con el nombre de La Peregrina se conoce a la iglesia de un antiguo convento franciscano a las

afueras de Sahagún. Su humildad original contrasta con la solidez de sus fábricas y la majestuosidad de su volumen presidiendo la villa sobre un altozano.

Sahagún albergó a las tres culturas monoteístas, teniendo barrio cristiano, judería y alhama musulmana[6]. Esta simbiosis tiene una respuesta relevante en la cultura mudéjar, reconocida por el profesor Valdés Fernández como foco mudéjar sahaguntino (1981, 12). El material principal de su arquitectura es el ladrillo, convirtiéndose en estímulo y modelo en toda Tierra de Campos.

En 1257 el papa Inocencio IV remite la primera piedra bendecida, autorizando a los franciscanos «edificar allí la iglesia dedicada a San Francisco» (ADAa). La iglesia se entiende iniciada en el año 1260 (López Guzmán 2000, 208–210) y casi un siglo después finaliza su construcción en 1358 (ADAb). El templo, construido bajo la cultura mudéjar, se define como nave de cinco tramos, crucero y ábside peraltado en hemiciclo de diferente anchura y altura a la nave (figura 1). El ábside se cubre con bóveda de cuarto de esfera, la nave a base de bóvedas tabicadas con lunetos sobre pilastras y el crucero mediante cúpula oval sobre pechinas. Una serie de capillas laterales completan el templo, cuatro en su vertiente septentrional y otra adosada meridionalmente al ábside, que alberga restos de yeserías policromadas de principios del siglo XV (Lavado Paradinas 1977, vol.17. 26, 51).

La fachada septentrional (figura 2) enseña «recios estribos» (Gómez Moreno [1925] 1979, 355) que señalan sus tramos. El ábside se compone en su cuerpo superior, por un polígono de siete lados desiguales en

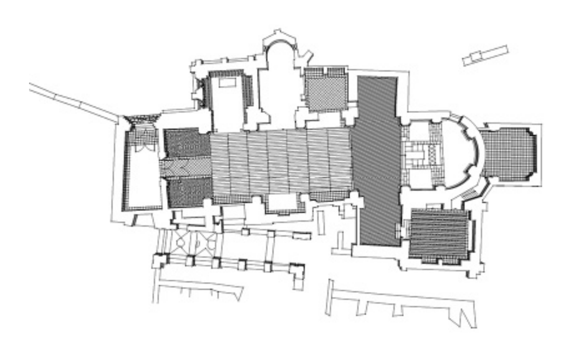


Figura 1
Planta de la iglesia. Levantamiento del año 2000. (Archivo propio)



Figura 2
Fachada noreste del templo. Primer plano, camarín de la Virgen y ábside. Año 2000. (Archivo propio)

fábrica de ladrillo. Los laterales contienen arcos de herradura enmarcados por friso de esquinilla. Los tres centrales tienen ventana gemela de medio punto, sobre pilar ochavado, trasdosado por doble arquivolta de arco agudo y friso superior de esquinillas. La cornisa presenta superposición de nacelas[7].

El acceso a la iglesia se efectúa en el último tramo por arco túmido apuntado con tres arquivoltas. Por encima una doble composición de arcos ciegos, con dos túmidos doblados por otros polilobulados y tres de herradura de influencia toledana (Valdés Fernández 1981, 147–151). En el siglo XVIII se construye a oriente el camarín de la Virgen, abrazando abruptamente el ábside y condenando sus ventanas, y meridionalmente la única panda que queda del último claustro que tuvo.

En el bajo cubierta de la nave se muestran cercenados los arcos diafragmas que construían el espacio interior [s. XIII] y el trasdós de unas nuevas de bóvedas [s. XVII]. En el ábside (figura 3) se manifiestan las ventanas superiores en sus planos centrales, siendo los cuatro restantes ciegos con arcos apuntados en saledizo, así como el sistema que hubo de bóvedas de crucería, cuyos encuentros con los paramentos interiores se encuentran rasurados.

El conjunto de La Peregrina es declarado Monumento Histórico-Artístico en 1931[8] y su importancia se evidencia en las descripciones históricas producidas hasta mediados del siglo XX, cuyas aportaciones generales más significativas fueron las realizadas por Quadrado, Gómez Moreno, García Chico, Gaya Nuño, Torres Balbás, Calzada, Fletcher y Calzada,



Figura 3
Bajo cubierta del ábside. Ventanas superiores y arcos ciegos sobre trasdós de bóveda existente. Año 2000. (Archivo propio)

Huidobro Serna, Azcárate Ristori, Chueca Goitia,[9] y Menéndez Pidal[10].

Hipótesis. Naturaleza arquitectónica genuina del ábside

Resulta sensato reconocer que la cultura mudéjar y, probablemente los musulmanes de la alhama sahaguntina, no solo conocen sino que desarrollan una auténtica cultura geométrica y material, suficiente para acometer los ideales arquitectónicos de la comunidad franciscana. A este escenario debemos incorporar la cultura propia de la institución religiosa, donde es posible que antes de su materialización, los hermanos tengan una idea precisa del templo que desean.

Sin embargo es precisamente esta situación la que, sin duda, añade una nueva dificultad, no extraña a la actitud franciscana que identifica toda su historiografía en el primer siglo de su nacimiento, pero sí de extrema complejidad. ¿Quieren un templo de nueva planta? o ¿colonizan una edificación existente? De ser así, ¿hasta qué punto pueden utilizar unas preexistencias para acometer su idea de templo?, ¿son, o se pueden hacer compatibles? Toda una serie de cuestiones donde, de ser correcta esta última lo fácil es acercarnos al modelo de templo pretendido, lo verdaderamente complejo es reconocer si es posible realizarlo sobre un edificio existente, lo que indudablemente solo se puede confiar a un conocimiento muy preciso de la geometría y del material.

Avanzando sobre esta hipótesis quizás los hermanos menores, además de su ideal de evangelización y pobreza, portan otras ambiciones capaces de exigir a una arquitectura cualidades identificativas de la nueva simbología franciscana. En este escenario el ábside, como espacio más importante de una iglesia católica, tiene que asumir la responsabilidad principal del nuevo templo bajo dos criterios. En primer lugar funcional, por ser el origen e inicio de las obras debe garantizar su puesta en funcionamiento sin la necesidad de la finalización del templo[11]. En segundo lugar simbólico, recogiendo las prescripciones de austeridad de la Orden enunciadas en el Concilio de Narbona (1260), emanadas a su vez de las promulgadas en el de París (1228): «De ningún modo las iglesias deben ser abovedadas, *excepto el presbiterio*» «letra cursiva añadida» (Cuadrado Sánchez 1993, 8–9). En todo caso ambas condiciones ratifican la singularidad de este ámbito y nuestra propuesta acerca de su posible naturaleza arquitectónica genuina.

Análisis del ábside

Expuestos estos puntos de partida La Peregrina se presenta como un complejo edificio, sustanciado por casi ochos siglos de vida pasada, lo que dificulta notablemente cualquier búsqueda del planteamiento original. Esta situación es el panorama general de la arquitectura medieval en occidente, donde en términos generales la humildad de los materiales y las limitaciones constructivas derivan en la práctica desaparición de las partes y elementos originales. La longevidad de las iglesias implican reformas permanentes a la manera de cada período histórico enmascarando o desdibujando, cuando no eliminando, sus propósitos arquitectónicos genuinos. Estas circunstancias dificultan el reconocimiento de las primeras condiciones de la planta del ábside primitivo, coyuntura que se ve enormemente acrecentada en su sección. A pesar de ello observamos una serie de vestigios y estados constructivos que orientan este espacio hacia su originalidad franciscana del siglo XIII, por lo que procedemos a su descripción.

En el interior de la parte superior del ábside (figura 3), donde es poligonal de siete lados, se exhiben formaletes perimetrales cortados cuya disposición y geometría denuncian una prexistencia de bóveda previa en crucería, vanos ciegos o abiertos conformados

por cuatro arcadas y tres ventanal centrales que asoman al exterior, y un arco de Triunfo apuntado, mutilado hacia el interior del ábside y con alfiz mirando a la nave. Estos elementos presentan deformaciones geométricas en los lados contiguos al arco de Triunfo, con una secuencia de fábricas, repuestas, sobrepuestas o arrepentidas que atestiguan la dificultad de una humilde ejecución. Por último, los paramentos interiores tienen las huellas de pilastras rasuradas que se desarrollan desde el arranque de los nervios de la crucería hacia el suelo del ábside.

Una vez desmontada la bóveda que ocultaba al interior las secuencias descritas, se expresa con nitidez la existencia de dos cuerpos de geometría diferente. El inferior, tiene forma perfecta en hemiciclo, mientras el superior es poligonal de siete lados. En el encuentro entre ambas se aprecia un sardinel rasurado de dos pies de ladrillo. Las fábricas poligonales ciegas de los formaletes, sobre todo las meridionales, descubren extra-plomos sobre sus correspondientes inferiores en hemiciclo.

En la parte inferior existe una composición de cinco vanos ciegos de medio punto bajo formulaciones renacentistas (figura 4). La ausencia de sardineles descifra su labrado y vaciado directo sobre fábrica de ladrillo, con su fondo ciego y liso sin descarnados. El conjunto se completa con unas nuevas pilastras adosadas de dos pies de ancho y media asta de espesor, óculos y encuentros con los lunetos de la bóveda desmontada en obra a través de huecos termales y ciegos.

Por último, en su eje principal existe un vano practicado para formalizar una la trasparencia barroca hacia el camarín de la Virgen (figura 4). Cuando esta zona se desnuda, surge una secuencia de diferentes fábricas con una nueva ventana central mutilada. Se trata de un hueco en ladrillo de tejar, con jambas de un pie de ancho y el mismo espesor, coronado en arco apuntado. Su luz está clausurada completamente con fábrica de medio pie de ladrillo (figura 5), ocultando otra ventana gemela de medio punto sobre pilar ochavado en su interior. El conjunto evidencia que las jambas y ojiva descritas son un trasdosado de la ventana interior completándola como nueva arquivolta en arco agudo. La ventana interior se encastra, mediante laterales llaveados con torpeza, sobre una fábrica de hormigón preexistente. Se trata de un aparente zócalo en derrame, de hormigón de cal y bolo de aproximadamente 90 cm. de espesor, situación que también se aprecia en la fachada septentrional de la capilla Mayor.

La ubicación y geometría de este hueco, permite intuir la existencia de iguales a su izquierda y derecha clausurados idénticamente. Esta sospecha se confirma surgiendo un conjunto de tres ventanas [el central mas dos laterales]. Por el exterior, el camarín oculta estas ventanas, no así su bajo-cubierta, donde los huecos se ven parcialmente. Sin embargo, su construcción no se corona en arco sino en dintel, antes de recibirse contra una cornisa de ladrillos en esquinilla (figura 6).

En resumen, estos tres huecos junto a sus hermanos superiores, desvelan un escenario insospechado de indudable cualificación del espacio del ábside, ad-



Figura 4
Interior del ábside. Año 2000. (Archivo propio)



Figura 5
Ventana oculta del lado de la epístola y pilastra añadida en el cuerpo inferior del ábside. Intervención 2010. (Archivo propio)

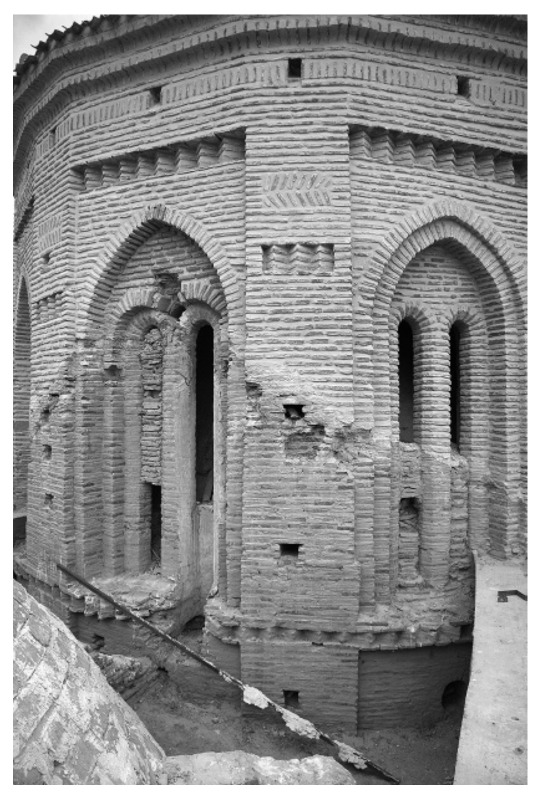


Figura 6
Bajo cubierta del camarín con la presencia exterior de los huecos del cuerpo inferior del ábside. Intervención 2010. (Archivo propio)

jetivando su razón compositiva y recuperando el simbolismo de la luz en la cultura franciscana.

La investigación no se detuvo en este reconocimiento compositivo y simbólico, sino que avanzó sobre su razón constructiva con el fin de poder advertir, tanto la naturaleza arquitectónica del ábside primitivo, como la manera de alcanzar el objetivo franciscano.

Proyecto ideal franciscano

Esta secuencia de situaciones constructivas, nos permite interpretar que tras ellas se encuentra el genuino Proyecto ideal franciscano. Las primeras obras lo son sobre un posible oratorio o ermita preexistente[12], imponiéndole una nueva disciplina arquitectónica que lo transforma definitivamente. Asumiendo su realidad constructiva y mediante un preciso conocimiento de la geometría y el material, se programa un nuevo templo con una gran ambición arquitectónica, cuya realidad dimensional y espacial se separa sustancialmente del humilde oratorio.

El ábside es sobre-elevado aproximadamente diez metros, alcanzando una altura interior de dieciséis metros. Para lograr este objetivo se aplica el mecanismo de doblado interior de fábricas, habitual en la cultura mudéjar y de forma concreta en Sahagún[13]. Con una nueva hoja latericia se persigue el aumento de sección muraría, suficiente para conseguir una altura muy superior, evitando la necesidad de estribos exteriores que entorpezcan los huecos.

Para mostrar esta realidad y con el fin de procurar una mayor claridad expositiva, justificamos esta interpretación, describiendo las acciones que se desarrollan en el ábside en el mismo orden de su posible ejecución.

Partimos pues de la existencia de una ermita u oratorio que es colonizado por la comunidad franciscana.

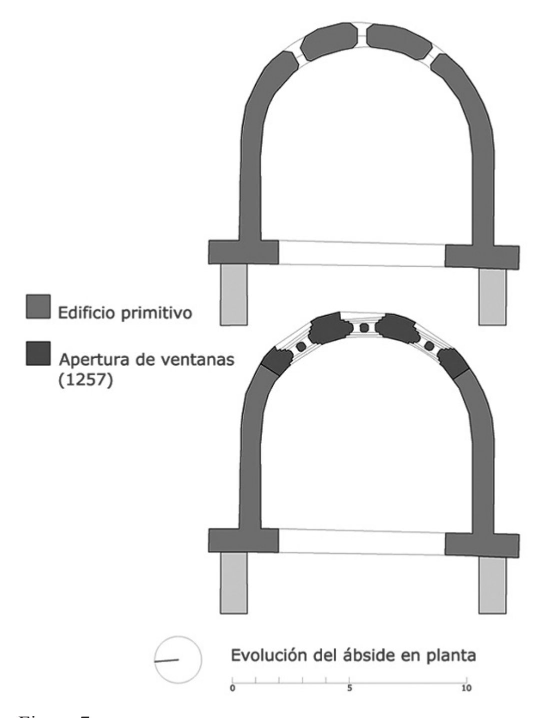


Figura 7
Evolución del ábside. Situación primitiva y apertura de nuevas ventanas en 1257. (Archivo propio)

Se trata de un pequeño edificio con ábside de hormigón de bolo y cal de 90 cm. de espesor y en forma de hemiciclo, en el que hay tres pequeños huecos saeteros de composición románica (figura 7). Este espacio está cerrado por bóveda de cuarto de esfera o por armadura de madera y faldones de cubierta.

Inicialmente [1257] se amplían las tres saeteras con el fin de aumentar la iluminación, mediante formulaciones, ya góticas. Para ello se rasga el muro y se encastra un nuevo hueco en ladrillo, a base de jambas llaveadas al hormigón y composición interior gemela a de medio punto sobre pilar ochavado (figura 7). Esta iniciativa encuentra una limitación, tanto en altura, como constructiva, pues debe resolver su encuentro con el arranque de la bóveda o el alero, coronándose en forma de dintel recto.

Posteriormente [1260] se aborda un Proyecto ideal, de manera que las fábricas de hormigón primitivas con los últimos huecos practicados sirven, en su forma y dimensión, de zócalo y directriz de los nuevos planteamientos. La imposición de una ambiciosa espacialidad obliga a sobre-elevar el ábside. Para alcanzar este objetivo se decide doblar interiormente la fábrica existente mediante una nueva hoja de ladrillo (figura 8).

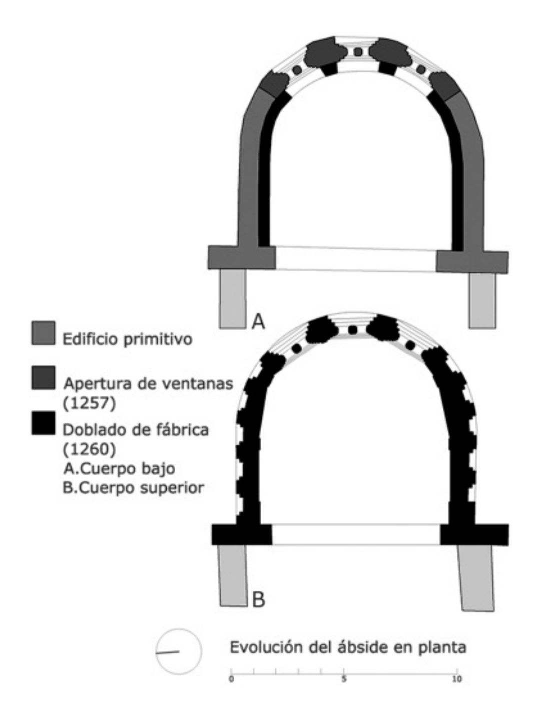


Figura 8
Evolución del ábside. Doblado de fábrica de ladrillo en hemiciclo [A] y ventanas superiores poligonales [B]. (Archivo propio)

Sin embargo esta decisión no resulta sencilla pues debe resolver dos situaciones arquitectónicas. Por un lado, el muro de hormigón no tiene una gran disciplina geométrica. Por otro, los tres ventanales exigen su asunción. En el primer caso la nueva hoja dibuja un hemiciclo interior que sorprende por su perfección geométrica. Para ello el trasdosado desarrolla diferentes espesores, que oscilan entre 34 cm. junto al arco de Triunfo, hasta 45 cm. en el centro del ábside, definiendo un espesor genérico de la fábrica compuesta [hormigón y ladrillo] de aproximadamente 120 cm.

En el segundo, la nueva piel no solo hace suya los huecos existentes, sino que aprovechando su espesor les dota de una mayor cualidad y dimensión, formalizándoles unas inéditas arquivoltas rematadas en arco agudo. Los huecos resultan reformulados, alcanzando una proporción preconcebida más esbelta que resultará exportada hacia las ventanas superiores.

La sencillez del procedimiento contrasta con la complejidad del Proyecto ideal, pues no solo se interviene el ábside existente, sino que al mismo tiempo se adopta la decisión de un nuevo cuerpo superior que ya no sería en hemiciclo sino poligonal, sin duda con una firme idea de un sistema de bóvedas en crucería.

La dificultad estriba en el tipo de polígono que se debe realizar y como resolver la transición geométrica. Las diferentes descripciones históricas abarcan desde la razón poligonal de siete lados, hasta la de capilla peraltada con tramo recto y ábside nuevamente poligonal. Todas ellas se acerca a la realidad, pero ninguna la sintetiza. La geometría se plantea y resuelve, no a través de un heptágono, sino de un decágono con siete lados vistos (figura 9), aproximándose, como sus hermanas [pentagonales, hexagonales, octogonales decagonales y dodecagonales], a un círculo sobre el que se inscribe. Este es el origen de las desigualdades geométricas y dimensionales, pues las limitaciones constructivas obligan, por el interior, a realizar complejos encuentros con el nuevo arco de Triunfo y por el exterior, a desarrollar en exceso los dos primeros lados, de forma que aparentan peraltes rectos, ya sobre una reconocida geometría heptagonal.

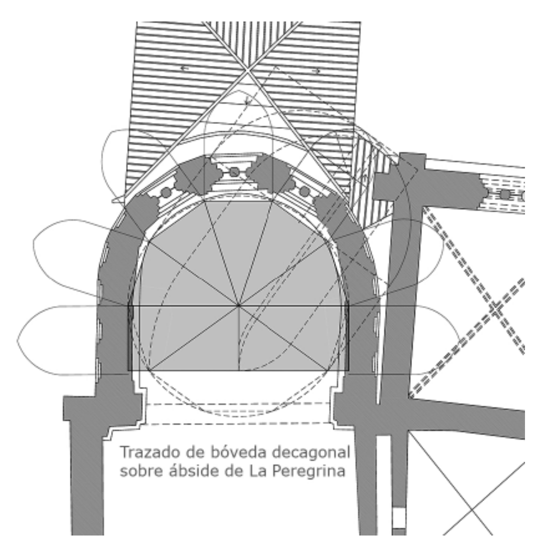


Figura 9
Trazas de bóveda decagonal sobre el ábside. (Archivo propio)

Las bóvedas originales de sardineles de ladrillo de tejar de un asta, construyen un sistema compuesto por ocho nervios en formación de siete plementos cóncavos. Estos se reciben sobre arcos apuntados, los cuatro laterales ciegos con marco en saledizo de sardinel de ladrillo de media asta, y los tres centrales abiertos, que se entregan sobre las fábricas poligonales del ábside. Una composición de pilastras continuas de suelo a bóveda organiza el espacio interior, articulando la secuencia de los paramentos interiores.

La construcción geométrica de la bóveda de crucería (Heyman 1995, Glosario) está compuesta por una osamenta de arcos independientes y una plementería cerrando los espacios entre ellos. La clave polar del sistema es el centro de los nervios radiales que se proyectan hacia los vértices del polígono, sobre los formaletes perimetrales en las caras del prisma decagonal. Posiblemente los rampantes son curvos, pues las diversas alturas de las claves de los formeros definidos en los planos del prisma, pueden hacernos pensar que la clave polar tenía diferente altura con el fin de regularizar esta deformación constructiva.

Avanzando con el ascenso del trasdosado, éste exige desmontar la bóveda o alero primitivo del oratorio, momento en el que se practica el cambio de la geometría semicircular a poligonal. Sin embargo, esta decisión exige un elemento de transición de sección suficiente que permita el apoyo de la nueva geometría. Éste encuentra su expresión en una cornisa interior volada, posiblemente en nacela, en formación de sardinel de canto de dos pies que soluciona un triple problema, constructivo, geométrico y compositivo.

En primer lugar, debe consolidar la trabazón muraría de las fábricas, la original de hormigón y el doblado posterior de hoja de ladrillo, en el necesario atado de las mismas. Esta especie de zuncho recoge inferiormente la sección completa del muro compuesto de 120 cm., y superiormente el arranque de la nueva fábrica, toda ella de ladrillo y con una sección reducida a 90 cm. (figura 10).

En segundo lugar, se constituye en el plano horizontal que resuelve el cambio de geometría del hemiciclo inferior hacia la ambiciosa formalización del polígono superior. Esta difícil transición, muestra su complejidad de forma puntual, con paramentos extraplomados superiores ante los inferiores. En cualquier caso, construye un soporte sobre el que replantear el decágono de las bóvedas de crucería según se ha expuesto.

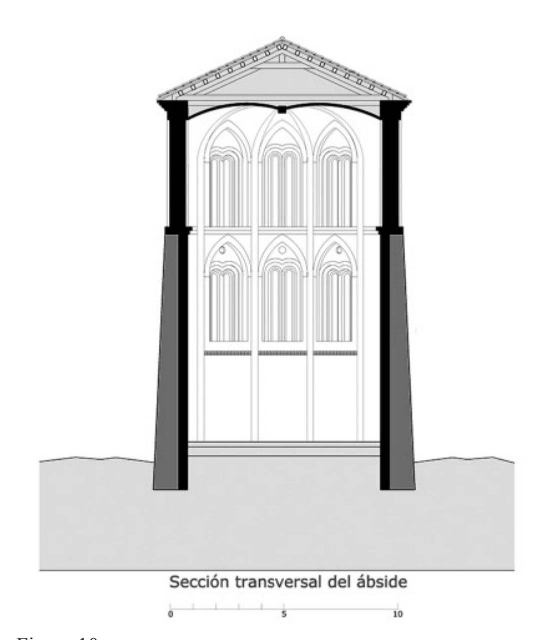


Figura 10
Sección trasversal del ábside. Interpretación de situación genuina. (Archivo propio)

Por último la cornisa permite levantar los nuevos huecos superiores, como se verá más adelante, y las pilastras de suelo a bóveda, formalizando nuevo orden compositivo de plano horizontal que equilibra y cualifica la percepción de la capilla Mayor.

Continuando con la secuencia de los huecos, sobre la cornisa y en los nuevos muros poligonales se disponen tres ventanas, confirmando la gran decisión de cualificación espacial del ábside. La geometría de las ventanas inferiores se iza compositivamente, de manera que sus jambas deciden las iguales de los huecos superiores. En su conjunto, formalizan tres bandas verticales con dos ventanas abiertas cada una, equilibradas con la presencia de la cornisa intermedia (figura 11).

La aparente continuidad vertical en los paramentos interiores del tramo inferior y superior, junto con la menor anchura del muro poligonal, obliga a que los maineles de las ventanas superiores se resuelvan en un plomo diferente a las inferiores, circunstancia que se constata fielmente (figura 12).

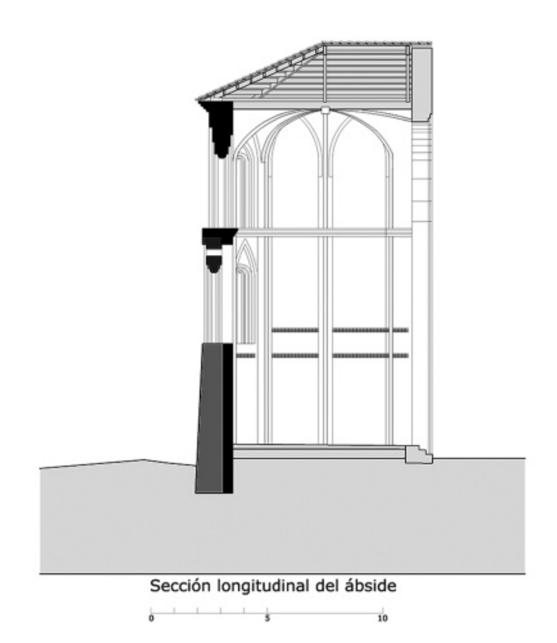


Figura 12
Sección longitudinal del ábside. Ubicación diferenciada de maineles en las ventanas (Archivo propio)

Conclusión

Concluyendo, nos encontramos ante la afirmación de una idea completa del templo que los franciscanos deseaban y que es capaz de asumir un edificio anterior desde la aplicación del instrumento de la geometría y un conocimiento profundo del material. De esta manera consigue la convergencia de dos realidades arquitectónicas, por una lado la existente y por otro, la del Proyecto Ideal franciscano, donde el doblado de fábricas es el recurso constructivo, y la disciplina geométrica, el mecanismo de asunción de su irregularidad.



Figura 11
Sistema de ventanas inferiores y superiores. Intervención 2010. (Archivo propio)

La sencillez del procedimiento de trasdosado mediante una hoja de ladrillo, contrasta con la complejidad del Proyecto ideal franciscano. Dos geometrías diferentes, la inferior en hemiciclo y la superior poligonal, construyen un único espacio bañado por la luz (figura 13). Esta circunstancia la interpretamos simbólicamente como analogía de la doble Basílica de san Francisco en Asís, cuya iglesia inferior [segundo cuarto del s. XIII] se ve conformada mediante ábside con geometría semicircular y la superior pentagonal [último cuarto del s. XIII].

Por último, es en 1260 cuando con toda probabilidad se abordan decididamente las obras de reforma del ábside, lo que lo eleva a uno de los ejemplos más tempranos de la Orden menor bajo la disciplina de las normas de Narbona.



Figura 13
Ventanas inferiores y superiores con reinterpretación de bóveda de crucería, tras intervención. 2011. (Archivo propio)

Notas

1. El maestro Villard de Honnecourt, desarrolló su actividad principalmente entre 1225 y 1235 (Bucher 1979).
2. Durante la construcción de la catedral de Milán (1392) se suscitó la problemática de continuar con la misma, en sus bóvedas, bajo criterios de proporción ad cuadratum o ad triangulum, que provenían de su planta el primero y sería terminada con el segundo.
3. Los Elementos de Euclides es traducido del árabe, sobre la versión griega, por Gerardo de Cremona y Adelardo de Bath (Ruiz de la Rosa 1987, 200).
4. Ruiz de la Rosa (1987a, 53). El profesor de la Rosa refiere a Colerus (1972).
5. Tras concurso público redactamos el proyecto de Restauración del convento de san Francisco en Sahagún [iglesia de La Peregrina] y su rehabilitación como Centro de Documentación del Camino de Santiago, iniciándose las obras en el año 2006 y finalizando en 2011.
6. En 1255 el fuero concedido a Sahagún por Alfonso X reconocía la existencia de las tres religiones (Torres Balbás 1949, 257).
7. Las descripciones efectuadas, recogen sinópticamente las efectuadas por Gómez Moreno ([1925] 1979, 356) y Valdés Fernández (1981, 147–151).
8. Publicado en la Gaceta de Madrid núm. 155, 4 de junio de 1931.
9. Por orden cronológico, Quadrado (1885, 580–582), Gómez Moreno ([1925] 1979, 355–356), Torres Balbás (1921), Calzada ([1927] 1973, 1272–1273), Fletcher. y Calzada (1928, vol. II 866–871), Torres Balbás (1949, 269), Huidobro Serna (1950, 597), García Chico (1946), Azcárate Ristori (1954,169), Gaya Nuño (1961) y Chueca Goitia ([1965] 2001,487).
10. Las restauraciones acometidas en La Peregrina son, por orden cronológico: 1953-Restauración de Cubiertas en La Iglesia-Santuario de La Peregrina, Menéndez Pidal, L. y Pons Sorolla, F.; 1974-Memoria de Obras Urgentes en La Peregrina, Menéndez Pidal, L.; 1979-Restauración de la Iglesia de La Peregrina, González Mercadé, E. y 1989-Restauración de la Iglesia de La Peregrina, Burón Reguera, J.M.
11. La iglesia se construye en casi un siglo, tiempo que no permite esperar a su finalización para la realización de oficios.
12. En 1920 el P. Wilibaldo Fernández (1920) identifica el primer asentamiento franciscano como el oratorio de San Juan de la Penitencia, que ya existía en 1257 en el pago conocido como Alto de San Bartolomé, sin llegar a documentar la fuente.
13. El encamisado de muros antiguos de hormigón con piedra y ladrillo en monasterio de san Benito de Sahagún, era una técnica habitual mostrada cuando las «primeras paredes exteriores de nuestra Iglesia fueron de hormigón ó argamasa… y estaban ya hechas en el año de 904 por lo menos... En tiempo del Rey D. Alonso el Sexto comenzó… á hacerles una especie de forro de piedra de sillería por a fuera; y por dentro, dexando dentro de esta piedra la antigua obra de hormigón» (Escalona 1789, 232).

Lista de referencias

ADAa. Archivo Diocesano de Astorga. Pergaminos, 15/13.
ADAb. Archivo Diocesano de Astorga. Pergaminos, 15/21.
Amador de los Ríos, J. 1859. *El estilo mudéjar en arquitectura*. Madrid: Imprenta de José Rodríguez.
Azcárate Ristori, J.M. 1954 *Monumentos españoles. Vol II*, Madrid.
Borrás Gualis, G.M. 2007. Consideraciones para una definición cultural del arte mudéjar. *Simposio Internacional. El*

legado de Al-Andalus. El arte andalusí en los reinos de León y Castilla. Valladolid: Fundación de Patrimonio de Castilla y León.

Bucher, F. 1979. *Architector. The lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects. Vol. I.* New York: Abaris Books.

Calzada, A. [1927] 1973. *Historia de la arquitectura en España. Vol. II*. Barcelona: Aldús.

Chueca Goitia, F. [1965] 2001. *Historia de la arquitectura española. Vol. I.* Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa.

Colerus, E. 1972. *Breve Historia de las Matemáticas. Vol. I.* Madrid.

Cuadrado Sánchez, M. 1993. Arquitectura de las órdenes mendicantes. *Cuadernos de arte español*. Madrid: Historia 16. 86.

Erlande-Brandenburg, A. 1991. Villard de Honnecourt, la arquitectura y la escultura. AA.VV. V*illard de Honnecourt. Cuaderno*, Madrid, Akal.

Escalona, R. 1789. *Historia del Real Monasterio de Sahagún, sacada de la que dexó escrita el Padre Maestro Fr. Joseph Pérez.* Madrid**.**

Fernández Luna, W. 1920. *Monografía histórica de Sahagún.* León.

Fletcher, B. y Calzada, A. 1928. *Historia de la arquitectura por el método comparado. Vol II.* Barcelona: Editorial Canosa.

García Chico, E. 1946 *Documentos para el estudio del Arte en Castilla. Vol. I-III*, Valladolid: Casa Martín.

Gaya Nuño, J. A. 1961. *La arquitectura española en sus monumentos desaparecidos*, Madrid.

Gómez Moreno, M. [1925] 1979. *Catálogo Monumental de España. Provincia de León*. Edición Facsímil. León: Nebrija, S.A.

Heyman, J. 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.* Madrid: CEHOPU.

Huidobro Serna, L. 1950. *Las peregrinaciones jacobeas*. Madrid: Publicaciones del Instituto de España.

Kostof, S. 1984. El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y Occidente. *El arquitecto: historia de una profesión*, Madrid: Cátedra.

Lavado Paradinas, P.J. 1977. Capilla Funeraria de D. Diego Gómez de Sandoval en la Peregrina de Sahagún. *Tierras de León.* V*ol. 17.* León: revista de la Diputación provincial de León. 26.

López Guzmán, R. 2000. *Arquitectura mudéjar.* Madrid: Cátedra.

Quadrado, J.M. 1885. *Asturias y León.* Barcelona: Editorial de Daniel Cortezo**.**

Quintana Prieto, A. 1982. San Francisco de Sahagún. Primeros pasos de este convento franciscano. *Archivos Leoneses: revista de estudios y documentación de los Reinos Hispano-Occidentales.* León: Archivo Diocesano de León. 71.

Ruiz de la Rosa, J.A. 1987a, Geometría Fabrorum o la Antítesis de las teorías sofisticadas. AA.VV. *Boletín Académico E.T.S.A. de la Coruña.* Coruña: Universidad de Coruña. 7.

Ruiz de la Rosa, J.A. 1987b. *Traza y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y el Medievo.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Ruiz de la Rosa, J.A. 2005. Fuentes para el estudio de la geometria fabrorum análisis de documentos. *Actas del Cuarto congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Editado por S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz.

Torres Balbás, L. 1921. Por tierras castellanas. Sahagún o la piedra y el barro. *La Esfera VIII*.

Torres Balbás, L. 1949. Arte Alamohade, Nazarí y Mudéjar. *Ars Hispanie. Vol IV.* Madrid: Editorial Plus Ultra.

Valdés Fernández, M. 1981. *Arquitectura mudéjar en León y Castilla*. León: Institución Fray Bernardino de Sahagún.

Villard de Honnecourt. 1991. *Villard de Honnecourt. Cuaderno.* Madrid: Ediciones AKAL S.A.

Paralelismos entre la construcción de la iglesia de San Félix y la catedral de Girona en el siglo XIV

Jordi Soler Busquets
Joan Llorens Sulivera

En el siglo XIV en la ciudad de Girona existe una fiebre constructiva donde destacan por encima de otras fábricas la de la iglesia de San Félix y la catedral de Girona (figura 1). En el primer ejemplo estamos ante una reconstrucción aprovechando los restos de la iglesia románica destruida parcialmente durante los sitios de Felipe el Atrevido en el año 1285 mientras que en el segundo se trata de la construcción de un nuevo edificio, manteniendo la catedral románica existente, que se va derruyendo a medida que avanza la construcción de la nueva catedral gótica.

Ambas iglesias estaban muy unidas ya des del siglo IX al pertenecer miembros del cabildo de San Félix al cabildo de la catedral. Además tenemos que añadir que durante un periodo de tiempo – no se sabe exactamente cuánto – la iglesia de San Félix ejerció de catedral y posteriormente de cocatedral de la ciudad de Girona (Amich 2002; Sureda 2008). En este trabajo analizaremos, a través de las fuentes documentales y de la bibliografía existente, los paralelismos entre la construcción de ambos edificios a lo largo del siglo XIV. En este recorrido haremos especial hincapié en la iglesia de San Félix ya que tenemos gran cantidad de información conseguida a través del estudio detallado de los libros de obra del siglo XIV (Chamorro 2004).

La mano de obra

Uno de los primeros puntos en común entre la construcción de la iglesia de San Félix y la catedral de Girona lo encontramos en la mano de obra. En este capítulo analizaremos la intervención de esta en ambos edificios, teniendo en cuenta los nombres de los obreros, su dedicación y formas de trabajo. En este recorrido exploraremos desde el encargado de la dirección de las obras, el maestro de obra, hasta el operario menos cualificado, el albañil.

Para el templo de San Félix tenemos una ingente información ya que hemos examinado todos los libros de fábrica del periodo comprendido entre los años 1349 i 1391.[1] En el caso de la catedral de Girona nos basaremos en los datos aportados por Cristina Homs (1977) que realiza un estudio de la mano de obra en los años 1367 i 1377. Aunque este último estudio no es exhaustivo, como veremos a continuación, aporta suficientes datos que, complementados con el resto de la bibliografía consultada, nos permite establecer relaciones entre la mano de obra que interviene en ambos edificios.

Los maestros de obra

Seguramente uno de los colectivos que más se han estudiado desde el punto de vista de la historia de la construcción de edificios a lo largo de los últimos años es la figura del maestro de obra. El interés por esta figura debe ser atribuido a que se trata del más alto cargo en la dirección de la obra edilicia y, por lo tanto, bajo su responsabilidad se toman todas las decisiones apropiadas para resolver los problemas que genera cualquier obra edificatoria.

En el caso que nos ocupa, podemos observar como los maestros de obra que intervienen en la construc-



Figura 1
Vista de la catedral e iglesia de San Félix de Girona. (M.A. Chamorro)

ción de la iglesia de San Félix en el siglo XIV – también sucede en otros periodos de construcción de ambos edificios – también lo hacen de forma simultánea o a posteriori en la construcción de la catedral. En el siglo XIV tenemos datados a Pere de Capmagre y a Pere Sacoma (anteriormente durante un corto periodo de tiempo pudo intervenir también Francesc Saplana). Estos tres maestros aparecen también como maestros mayores de la catedral de Girona.

Pere de Capmagre es citado en los libros de obra de la iglesia de San Félix en el año 1349 durante la realización de la escalera principal del templo y la construcción de la capilla de Vendrell o del Santo Sepulcro. Este maestro está documentado como maestro mayor de la catedral de Girona en el periodo 1326–1360 (Freixas 1989, 17–19 y Victor 2002, 57). Esto mismo sucede con Pere Sacoma que es nombrado maestro de obra de San Félix a raíz de la contratación de la obra del campanario en el año 1368 (figura 2) y aparece como maestro mayor de la catedral de Girona a partir del mes de diciembre de este mismo año, sustituyendo a Francesc Saplana. En la iglesia de San Félix está trabajando al menos hasta el año 1391 – fecha del último libro de obra que se conserva – y en la catedral trabajará hasta su muerte en una fecha indeterminada del año 1397.

Francesc Saplana está trabajando, tal como citan textualmente los libros de obra de San Félix, como maestro cantero en el claustro de la iglesia de San Félix el año 1358. Es el encargado de construir una de las galerías del claustro – basas, columnas y capiteles – y las cuatro esquinas del mismo. A partir del año 1360 se pierde su pista en la iglesia de San Félix y lo encontramos en el cargo de maestro mayor de la

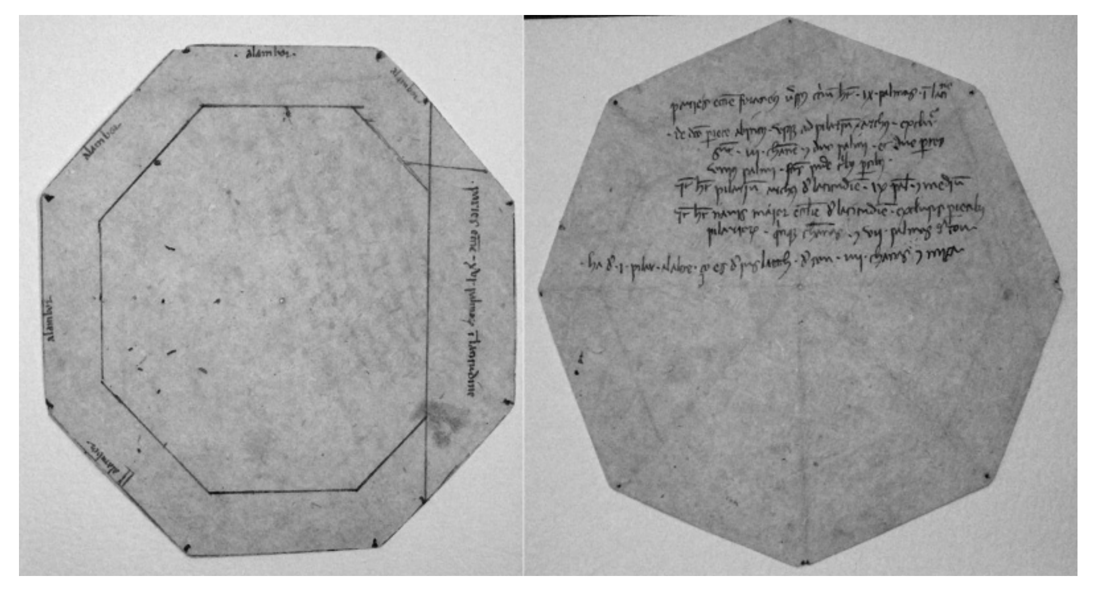


Figura 2
Plano del campanario de la iglesia de San Félix de Girona obra de Pere Sacoma. (M.A. Chamorro)

catedral de Girona – sin conocer exactamente la fecha de su nombramiento – hasta diciembre de 1368 cuando es despedido por su dejadez en la dirección de las obras de la Seo.[2]

En el siglo XIV tenemos documentados otros maestros de obra que trabajaron en la catedral de Girona, maestro Enric, Jaume de Faveran y Guillem de Cors, de los que no tenemos noticias que trabajaran también en la iglesia de San Félix (Serra 1947 – 1951).

Los maestros canteros

Observamos un paralelismo significativo respecto a los maestros canteros que encontramos trabajando en ambos edificios. De algunos de estos canteros no podemos afirmar rotundamente que trabajaran en los dos templos ya que solo aparece su nombre. De todas formas el listado de maestros canteros que se repiten trabajando en la segunda mitad del siglo XIV en la construcción de las dos fábricas es significativo. Encontramos trabajando en ambos edificios a Jaume Lempayes, a Guillem Albanya (también encontramos un Marc Albanya trabajando en el templo de San Félix), a Guillem Mieres (primero como albañil i después como cantero al menos en la construcción de la iglesia de San Félix), a Berthomeu Roqua o Roque, a Bernat Axolin o Exomli, a Guillem Bofill o Boffy y a Berenguer o Francesc Serra. Lempayes i Albanya aparecen citados en los libros de obra de la iglesia de San Félix, el primero, antes del año 1367 i el segundo a partir de 1368; mientras que Homs (1977) documenta su intervención en la catedral de Girona en el año 1367. Respecto a Mieres, sucede una cosa similar, a pesar de que Homs (1977) lo documenta en el año 1377, lo encontramos ya trabajando en la iglesia de San Félix en el año 1366. El resto de maestros canteros, documentados por Homs (1977) en el año 1377, los encontramos también trabajando en el templo de San Félix a partir del año 1379 excepto Guillem Bofill que ya aparece en el año 1368.

Evidentemente en ambos edificios trabajaban otros maestros canteros que se dedicaban en exclusividad a uno u otro edificio. Creemos que la dedicación permanente de estos operarios a un solo edificio se debía a que estos tenían un oficio estable que les permitía ganarse la vida trabajando exclusivamente como canteros y que únicamente encontramos la duplicidad en el trabajo de canteros en ambos edificios cuando se producía un parón en uno de ellos o cuando los trabajos que se realizaban hacían posible abandonar una de ambas obras para dedicarse a trabajar en la otra.

Los albañiles

Los albañiles es el grupo de trabajadores más numeroso que aparece trabajando a pie de obra. Son los encargados de realizar diferentes tipos de trabajos – la mayoría no especializados – que van des de la fabricación de la argamasa para unir los sillares de piedra al transporte de cualquier tipo de material dentro del recinto de la obra.

En este caso el número de albañiles que encontramos trabajando de forma coetánea en ambos edificios es mucho mayor que el de los maestros canteros. Además tenemos que añadir que la cantidad de albañiles trabajando en ambos templos es mucho mayor en el año 1367 que en el año 1377. A partir del año 1367 tenemos documentados trabajando en ambos edificios a Bosch, Guaba B., Iuglaria B. o Juglar, Iohani o Joan, Oler o Olerii, Puiolar o Pujolar, P. Reg, P. Tixador, P. Urgell, G. Vilar i F. Ripoll. A partir de 1377 solo encontramos coincidencias en dos casos el de R. Bisbe i G. Ruyra.

Estos trabajadores, al no pertenecer a un oficio especializado, seguramente combinaban su trabajo en el campo o en oficios relacionados con la agricultura con su trabajo en obra igual que sucederá con las mujeres como veremos en el siguiente apartado. Esto también era posible debido a la forma de contratación que era para plazos de tiempo muy breves incluso algunos solo trabajaban en obra uno o dos días por semana.

Las mujeres

En relación al trabajo de las mujeres en la construcción de estos dos edificios tenemos datos dispares. Mientras que en la construcción de la iglesia de San Félix en el siglo XIV aparecen gran cantidad de ellas trabajando simultáneamente a pie de obra en la catedral de Girona solo aparecen citadas en una ocasión.[3] Para el caso del templo del mártir Félix estas trabajan cuando se están haciendo trabajos de desescombro («per fer l.ascombra»). Por tanto trabajan como

cualquier otro albañil retirando runas.[4] Podría ser que estas no aparecieran en la catedral ja que en esta no se estaban realizando trabajos de desescombro sino que se estaban levantando muros. Otra hipótesis que han defendido otros autores haría referencia a que las mujeres se implicaron de forma masiva en el trabajo en el templo de San Félix – trabajos que incluyeron su fortificación – por su devoción al santo i para evitar que el templo fuera derruido como había sido solicitado por el rey Pedro el Ceremonioso (figura 3).

Muchas de estas mujeres trabajaban a pie de obra de forma puntual ya que realizaban otros trabajos normalmente relacionados con la agricultura aunque también encontramos a panaderas u horneras (Cuenca; Chamorro 2005, 312). Por tanto en las épocas en que los campos requerían menos mano de obra estas se desplazan a la iglesia de San Félix para trabajar a pie de obra en trabajos no especializados. Igual que sucede con los albañiles son contratadas por un número reducido de días.



Figura 3
Elementos fortificados de la iglesia de San Félix de Girona (D. Giró)

Los carpinteros, herreros y otros jornaleros

El conjunto de trabajadores que encontramos en la construcción de los dos edificios góticos objeto de este trabajo bajo esta agrupación no trabajaban de forma permanente a pie de obra. Se trata de artesanos que desarrollan gran parte de su actividad en su taller y aparecen en obra de forma puntual.

Si tuviéramos que destacar el conjunto de trabajadores que aparecen con mayor asiduidad a pie de obra estos serían los carpinteros sobre todo cuando se realizaban trabajos en altura (partes altas de muros i ejecución de bóvedas) ja que eran los encargados de montar los andamios y encofrados para realizar los elementos constructivos citados anteriormente.[5] En el caso de los edificios objeto de este estudio encontramos un reducidísimo número de carpinteros trabajando a pie de obra. Para el año 1367 Homs (1977) cita a Bernat Botet, Jaume Botet – aprendiz e hijo del primero – y a G. Ferran; y para el año 1377 únicamente aparece Botet. Todos estos carpinteros aparecen trabajando en el templo de San Félix ya des del año 1365 excepto Botet hijo que aparece el 1368. En el caso de la construcción de la iglesia de San Felix es muy importante la figura de Bernat Botet ya que cuando el maestro de obra Pere Sacoma se ausenta, él queda al cargo de la dirección de la obra (Chamorro 2005, 320).

Los herreros que se encargaban de la elaboración de clavos y de la reparación y fabricación de nuevas herramientas trabajan en el taller de su propiedad. En el año 1367 solo encontramos la coincidencia – y aún con alguna duda – de un herrero trabajando para ambas obras edilicias, Narcís Barceló. Decimos que con alguna duda ya que para la iglesia de San Félix aparece como Narcís Ferrer (el apellido podría referirse a su oficio). Las coincidencias son mayores para el año 1377 donde encontramos a P. Clusella, Johan Llor o Lor, Johan Cor. G. Mieres i Ferrer de Gronys o Groyn trabajando para ambos edificios.

Respecto a los cordeleros y toneleros que aparecen trabajando para ambos edificios la coincidencia es total. Como cordelero aparece P. Tortosa alias Gordey documentado a partir del 1377 i Bernat Riera tonelero que ya aparece trabajando para la obra de iglesia de San Félix a partir de 1370.[6]

En relación a los porteadores y a los caleros aparecen en el primer grupo Riembau y Iulian o Guylana de Sarryan (localidad vecina a Girona); y como calero Johan Forner (el apellido se referiría a su oficio). En

el caso de los caleros solo hay una coincidencia ya que para la ejecución de la catedral Homs (1977) cita la construcción de un horno de cal a pie de obra cosa que no sucede para la fábrica de San Félix. De aquí que para San Félix encontramos trabajando como calero a Llorenç, que no interviene en la ejecución de la catedral, y aparece Johan a partir del año 1384.

Los salarios

En este segundo apartado analizaremos los salarios que percibían los trabajadores que intervinieron en la construcción de la iglesia de San Félix y la catedral de Girona empezando por los maestros de obra y acabando con los carpinteros. Evidentemente dejaremos de lado los oficios a los que no se puede asignar un salario por trabajador ya que no trabajan a pie de obra – herreros, cordeleros, porteadores, toneleros o caleros – sino en taller realizando tareas muy específicas por las que cobran cantidades muy diferentes. Como ya hemos dicho anteriormente compararemos básicamente los años de los que poseemos información de ambos edificios: año 1367 y año 1377.

En esta breve introducción nos gustaría destacar que las formas de contratación son bastante diferentes sobre todo en lo que se refiere al maestro de obra respecto al resto de trabajadores. De todas formas todos ellos, como veremos, tendrán asignado un sueldo diario que se les abonara el sábado como último día laborable de la semana. Como ya hemos indicado en el apartado anterior la contratación de la mayoría de trabajadores es semanal aunque en algunos casos no trabajan todos los días laborables de la semana.

Salario del maestro de obra

El salario del maestro de obra es el que más variaba respecto al del resto de trabajadores. Por una parte el maestro de obra tenía un sueldo que se equiparaba, en muchos casos, al de los maestros canteros y los maestros carpinteros. Por ser este sueldo bastante reducido se le abonaba además una pensión anual que era variable según el edificio de que se trataba.

Pere Capmagre cobraba 3 *sous* por día mientras que Pere Sacoma – al menos cuando trabajaba en las obras del campanario de la iglesia de San Félix – cobraba 4 *sous* por día trabajado.[7] No tenemos noticias de la pensión que cobraba Pere Capmagre pero si de la de Pere Sacoma ya que disponemos de la capitulación para trabajar en el campanario del templo de San Félix. Sacoma cobraba una pensión de 140 *sous* de la que se le restaba una cantidad proporcional por el tiempo que se ausentaba de la obra y de la cantera.[8]

En el caso de la catedral de Girona tanto Francesc Saplana – maestro de obras hasta el 1368 – como Pere Sacoma cobraban 3 *sous* por día trabajado. Este sueldo se mantendrá constante durante el periodo de tiempo que ocupa nuestro estudio. En este caso la diferencia entre el salario del maestro de obra y un maestro cantero o carpintero es prácticamente nulo ya que cobran todos ellos alrededor de 3 *sous* al día. Para la catedral de Girona conocemos la pensión anual que recibía Pere Sacoma que en este caso ascendía a 100 *sous* pero no la que percibía Francesc Saplana aunque seguramente ascendía a la misma cantidad.

La pensión, que se pagaba en fechas señaladas como Navidad, Pascua y San Juan incrementaba considerablemente la remuneración económica del maestro de obra. A veces la obra tenía problemas para pagar esta pensión en la fecha establecida por lo que en muchas ocasiones se pagaba a posteriori una vez la obra había cobrado todos los censos y disponía de dinero líquido para pagar al maestro de obra.[9]

Salario de los maestros canteros

En el sueldo de los maestros canteros sí que se observan pequeñas fluctuaciones. La variación de los salarios no solo vendrá dada por el cambio del año sino que nos encontramos que en un mismo año algunos maestros canteros cobran más que otros. Esto podría atribuirse con toda seguridad a la pericia del maestro cantero. Para el caso de la iglesia de San Félix tenemos gran cantidad de datos que nos hablan de esta oscilación en el sueldo de los maestros canteros de un año a otro, con subidas y bajadas, que en la mayoría de ocasiones no puede atribuirse a una causa justificada. El jornal para un maestro cantero varía desde un jornal promedio mínimo de 2 *sous* en el año 1351 a un jornal promedio máximo de 5 *sous*, 4 *diners* en los años 1383 y 1384 (figura

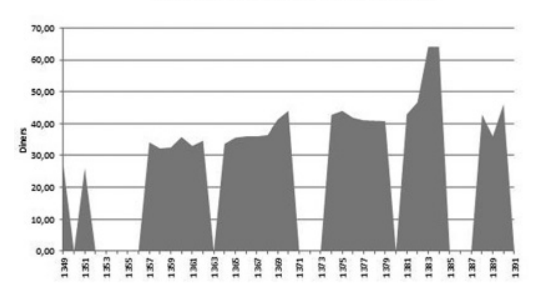


Figura 4
Gráfica salario promedio anual de los maestros canteros para la iglesia de San Félix entre los años 1349 – 1391. (Chamorro 2004)

4). En el periodo comprendido entre 1349 y 1391 (se conservan los libros de obras con algún vacío documental puntual) el salario promedio de los maestros canteros para la fábrica de San Félix es de 3 *sous*, 6 *diners* (figura 5).

Para la catedral de Girona, Homs (1977) nos indica que en el año 1367 el sueldo más elevado es el de los maestros canteros Jaume Lampayes y Guillem Cabanellas que cobran durante todo este año un sueldo fijo de 3 *sous*. El salario de los otros maestros canteros oscila entre 2 *sous* y 2 *sous*, 8 *diners*.[10] En el año 1377 Homs (1977) observa un cambio significativo en el sueldo de algún maestro cantero. Pone el ejemplo de Mieres que durante dos semanas cobraba 3 *sous* mientras que el resto del año cobraba 2 *sous*, 10 *diners* hasta que, en el mes de diciembre, ve reducido su salario a 2 *sous*, 6 *diners* y una semana después desciende a 2 *sous*, 4 *diners*. Si contrastamos estos datos con los de la fábrica de San Félix para 1367 y 1377 vemos que el sueldo promedio en el primer año era de 3 *sous* y en el segundo año era de 3 *sous*, 5 *diners* (figura 4). Como podemos observar estos salarios son equiparables en ambos edificios para el año 1367 pero no para el año 1377. Si entramos en el detalle del salario cobrado por los maestros canteros en la construcción de la iglesia de San Félix para el año 1377 – en el año 1367 solo encontramos trabajando a Bernat Pages durante 5 días – nos encontramos que la mayoría de los maestros canteros cobran 3 *sous*, 6 *diners* o 3 *sous*, 4 *diners* excepto Francesc Cassa que cobraba 3 *sous*, 2 *diners*.[11]

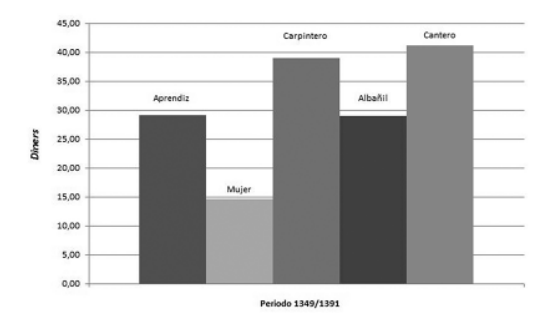


Figura 5
Grafica salario promedio de los obreros para la iglesia de San Félix en el periodo comprendido entre 1349 – 1391. (Chamorro 2004)

Salario de los albañiles

El sueldo de los albañiles que trabajaban en la construcción de la catedral de Girona en el año 1367 estaba unificado y cobraban 2 *sous* por día trabajado. A partir del año 1377 se observan pequeñas variaciones entre 2 *sous* por día a 2 *sous*, 4 *diners* por día. Como podemos observar las fluctuaciones en el salario son muy pequeñas lo que nos hace pensar que todos estos trabajadores tenían una pericia similar ya que sino su salario hubiera variado de forma considerable como observaremos en el caso del templo de San Félix.

El salario promedio de los albañiles que trabajan en la fábrica de San Félix entre 1349 y 1391 es de 2 *sous*, 5 *diners* (figura 5). Si observamos lo que cobran estos obreros de salario promedio anual vemos que la diferencia es substancial entre el año 1349, donde cobraban 2 *sous* y el año 1391, donde cobraban 3 *sous*, 6 *diners* (figura 6). Estas variaciones tan importantes las podemos atribuir a la gran variedad de trabajos que realizan estos operarios que son remunerados de forma diferente dependiendo de la tarea que están efectuando dentro de la obra. En el año 1366 el operario que menos cobraba era un albañil, del que no se menciona su nombre («eius»), que cobraba 0,83 *sous* – 10 *diners* – y los que más cobraban, un nutrido grupo de albañiles, 2 *sous*, 6 *diners*.[12]

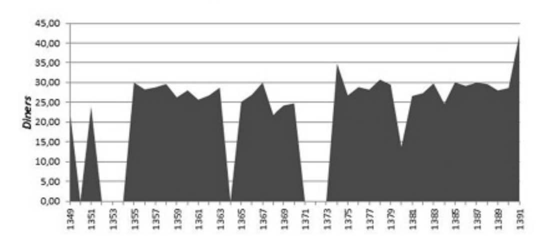


Figura 6
Gráfica salario promedio anual de los albañiles para la iglesia de San Félix entre los años 1349 – 1391. (Chamorro 2004)

Salario de las mujeres

El sueldo de las mujeres solo lo conocemos para la iglesia de San Félix ya que para la catedral no se cita lo que cobraban – la única vez que aparecen – en el periodo cronológico estudiado. Los datos que nos aportan los libros de fábrica del templo de San Félix son concluyentes respecto al salario percibido por las mujeres. Este colectivo es el que cobra menos. Su salario promedio es de 1 *sou*, 2 *diners* entre 1357 y 1391 (figura 5).[13] En este grupo de trabajadoras se observa subidas y bajadas muy puntuales en unos determinados años. Por ejemplo el sueldo promedio más elevado lo encontramos en el año 1365 donde cobran 2 *sous* mientras que en el año 1368 cobraban 1 *sou* (figura 7). En los años que corresponden al estudio realizado por Homs (1977) para la catedral de Girona, años 1367 y 1377, no encontramos mujeres trabajando en la iglesia de San Félix.

Salario de los carpinteros

En relación al sueldo de los carpinteros este se mantiene constante en la construcción de la catedral de Girona. En este caso el maestro carpintero cobraba 3 *sous*. En el caso de la iglesia de San Félix el sueldo promedio de los maestros carpinteros entre los años 1349 y 1391 es de 3 *sous*, 2 *diners* (figura 5).[14] Si analizamos el sueldo promedio anual vemos que este varia de 2 *sous*, 6 *diners* a 4 *sous*, 4 *diners* el año 1389 (figura 8). En los años que Homs (1977) estudia los salarios para la catedral de Girona tenemos que un carpintero cobra de promedio en la construcción de la iglesia de San Félix 4 *sous* en 1367 y 4 *sous*, 3 *diners* en 1377. Como se puede observar con estos datos el sueldo promedio coincide con el salario que cobran los maestros carpinteros cuando trabajan en la catedral pero si analizamos el sueldo especifico de los años 1367 y 1377 vemos que es sensiblemente más alto el de los carpinteros que trabajan en la iglesia de San Félix.

Conclusiones

Como hemos podido comprobar a través de este estudio – aunque bastante parcial en el caso de la catedral de Girona – existen múltiples paralelismos entre la construcción de la iglesia de San Félix y la cons-

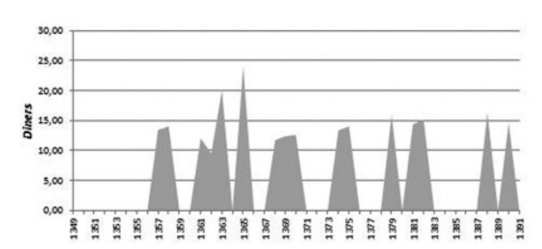


Figura 7
Gráfica salario promedio anual de las mujeres para la iglesia de San Félix entre los años 1349 – 1391. (Chamorro 2004)

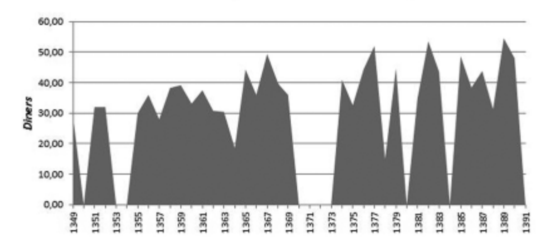


Figura 8
Gráfica salario promedio anual de los carpinteros para la iglesia de San Félix entre los años 1349 – 1391. (Chamorro 2004)

trucción de la seo gerundense en la segunda mitad del siglo XIV. Estas analogías las podríamos atribuir a que durante mucho tiempo el cabildo de la catedral y el de San Félix compartían muchos de sus miembros por lo que las decisiones de los cabildos correspondientes eran semejantes.

Entre las correlaciones más destacadas se encuentran, en referencia a los obreros que trabajan en ambas fábricas, la de los maestros de obra. Como hemos podido observar estos maestros trabajan a la par o sucesivamente en ambos edificios. El referente en este caso es Pere Sacoma que es contratado en el 1368 para alzar el campanario de la iglesia de San Félix – cuando está construyendo un puente de piedra sobre el rio Ter – y a finales del mismo año es contratado como maestro mayor de la catedral de Girona ya que Francesc Saplana no se cuida con esmero de la dirección de la obra catedralicia.

En cuanto a los nombres del resto de trabajadores que participan en ambos templos las similitudes también son evidentes repitiéndose, en este caso de forma alternativa, el trabajo en uno u otro edificio. En este caso la alternancia es más manifiesta en los oficios menos especializados que posibilitan la movilidad de los obreros y las ausencias de estos en momentos puntuales de la ejecución de la obra. Recordemos que muchos de estos trabajadores tienen otro oficio como fuente de recurso – normalmente trabajan en el campo – e intervienen en la construcción estacionalmente.

En relación a los salarios, el exhaustivo estudio realizado para la iglesia de San Félix nos aporta datos concluyente sobre su evolución sin embargo, estos testimonios no nos permite una comparación a fondo con la catedral de Girona de la que solo disponemos de datos de los años 1367 y 1377. A este inconveniente tenemos que añadir que la actividad constructiva en la iglesia de San Félix en el año 1367 es bastante reducida debido al peligro a que se encuentra expuesta la ciudad de Girona por la llegada de las compañías francesas al Alto Empordán. A pesar de todo esto podemos extraer algunas conclusiones que resultan bastante curiosas.

La primera de ellas es que la remuneración que perciben los maestros de obra que trabajan en la fábrica de San Félix es sensiblemente más elevada que la que reciben trabajando en la catedral de Girona, tanto en el salario recibido por día trabajado como en concepto de pensión. Como hemos visto Pere Sacoma cobraba 3 *sous* por día trabajado en la catedral y en cambio en San Félix cobraba 4 *sous* por día trabajado. También su pensión era más elevada cuando realizo la capitulación para ejecutar el campanario de la iglesia de San Félix ya que esta era de 140 *solido*s por los 100 *solidos* que tenia de pensión trabajando en la catedral. ¿A que obedecía esta diferencia? Solo se nos ocurre una respuesta que en la catedral compartían la dirección varios maestros de obra – encontramos simultáneamente a Pere Sacoma y Guillem Boffy – mientras que en San Félix solo había un encargado de la dirección de las obras por lo que le podían pagar un poco más.

Una vez analizados los salarios del resto de personal que trabaja a pie de obra en la construcción de ambos edificios – maestros canteros, albañiles y maestros carpinteros – observamos que si nos fijamos en el sueldo promedio que perciben entre 1349 y 1391 por su trabajo en la iglesia de San Félix este se aproxima muchísimo al que perciben cuando trabajan durante el año 1367 y 1377 en la catedral de Girona. Para los maestros canteros estamos hablando de un sueldo de alrededor de 3 *sous*, para los albañiles un sueldo de aproximadamente 2 *sous*, 4 *dineros* y para los maestros carpinteros un salario en torno a los 3 *sous*.

El salario de las mujeres requiere una mención aparte ya que estas no aparecen en el estudio realizado por Homs (1977). Con los datos que tenemos para la iglesia de San Félix es evidente que se trata del personal peor pagado, cobraban un promedio de 1 *sou*, 2 *diners* por día trabajado. Sueldo que podría resultar tan bajo ya que no realizaban trabajos excesivamente especializados y además su presencia en obra era temporal ya que disponían de otro trabajo habitual normalmente relacionado con las tareas agrícolas.

Notas

1. Para una información más detallada consultar Chamorro (2004). Para ver aproximaciones sintetizadas consultar Chamorro (2005) y Chamorro (2009).
2. ADG. Notalarum 1294–1947. G–52, f. 75v–77.
3. Homs (1977) cita en fecha 21 de agosto de 1367: «Item pague a XVIII fembres que foren en fer VII diez a la obra per fer escombre en la capela de Sancta Macdalena.» (ACG. Obra de la Seu. Libro 2 a 1, f. 49v). Para un mayor detalle del trabajo de las mujeres en la iglesia de San Félix de Girona consultar Cuenca y Chamorro

(2005). Victor (2010) analiza el trabajo de las mujeres en el sector de la construcción en la Girona de la baja Edad Media.

4. En el año 1368 encontramos: «Item dissapte XXII de juliol foren estats en la dita obra per picar et brocar pedres los maestres saguens e los menobres e fembres per fer l'ascombra» (ADG. Obra, 1365 – 1391 (gastos), f. XX). Para la Catedral de Lleida se cita que: «... les dones s›ocupaven de: pujar terra a les teulades, fer i transportar morter, transportar pedres, fer camins a les carretes i obrar en el graner». (Argiles 1998, 123).
5. Un ejemplo en la iglesia de San Félix seria: «Item hi es estat den Narcis Serre per fer cendries e apontelar les altres en feu una maçe II diez… VI s.» (ADG. Obra, 1365 – 1391 (ingresos), f. XXVII).
6. Homs (1977) cita: «Item aquest dia mateix pague an P. Tortosi alias Gordey primerament per un llibam gros quen avya pres a la obra, VII sous.» (ACG. Obra de la Seu. Libro 2 a 6, f.71v.). Podemos corroborar para la iglesia de San Félix la participación del mismo artesano – aunque con el alias cambiado – ya que en el año 1386: «Item a XXII de agost del ayn demont dit endreçe lo bastiment per puyar lo reble qui ere devant lo cloquer e compre d.en Gordey alies Tortosin tender dues dotzenes de tronyeles e costaren… VIII s.» (ADG. Obra, 1365 – 1391 (ingresos), f. XXVII).
7. El *sou* era la unidad monetaria utilizada en época medieval. Lo podríamos traducir como sueldo. Un sueldo estaba formado por 12 *diners* (dineros) y 20 *sous* equivalían a 1 *lliura* (libra). El *florí* (florín) equivalía inicialmente a 20 *sous* pero se incrementó su valor durante el siglo XIV hasta llegar a los 30 *sous*. Haremos servir la nomenclatura catalana en todo el texto.
8. Se puede ver el texto completo de la capitulación en Chamorro (2005, 319).
9. Homs (1977) confirma estas circunstancias con la cita de 26 de diciembre de 1377: «Item aquest dissapte mateix pague al mestre de la Seu apelat Pere ça Coma los quals li devie eser pagats en la festa de Sant Johan del mes present de Juyn com los pren quascun any de Pensio de la obra – com lo que esfeume aporta aquest dia de vuy en poder den Ramon de Peradalta notary C sous.» (ACG. Obra de la Seu. Libro 2 a 1, f. 59v).
10. Homs (1977) cita en este grupo de canteros para el año 1367 a: «Llorens Tano per II dies a rao de II sous VIII per dia V sous III diners.» (ACG. Obra de la Seu. Libro 2 a 1, f. 43r).
11. « Item solvi XXV die iulii G. Barrera qui operatus fuit in dicto opere per IIIe dies … X s. » , « Item solvi dicta die dicto Ffrancisco Caciani qui operatus fuit in dicto opere per IIIIer dies continuos … XIIII s. » y «Item solvi dicta die Anthonio Scuderii petrario qui operatus fuit in dicto opere per III dies continuos … X s.» (ADG. Obra, 1374 – 1384 (despeses), f. 23v.)
12. Por ejemplo: « Item solvi Pera. Basses pro I die qua fuit in petraria pro carreguar animalia … II s. IIII d. » (ADG. Obra, 1365 – 1391 (despeses), f. IX.). Como se observa este albañil cobraba un poco menos seguramente por el trabajo que estaba realizando.
13. En el año 1357 en la iglesia de San Félix encontramos: « Item ana Parrina femine que fuit per dictos sex dies… VII s.» y « Item Nicholae femine de dictis sex diebus dicte septimane… VII s. » (ADG. Obra, 1355 – 1365 (despeses), f. XV). Como vemos 1 *sou* 2 *diners* al día.
14. En el año 1349 un carpintero trabajando en la iglesia de San Félix ya cobraba 2 sous 4 diners al dia. Vemos que: « Item pege le setmane demont scrite A. Serre fuster per VI dies a rao de II sous IIII diners per die some le setmane … XIIII s. ». (ADG. Obra, 1349 (despeses), f.11).

Lista de referencias

ACG. Archivo Catedral de Girona.

ADG. Archivo Diocesano de Girona.

Amich, Narcís M. 2002. «Les seus episcopals de Girona i Empúries i les terres del nord-est de Catalunya a les fonts escrites d›època tardoantiga (segles IV–VII)». Tesis Doctoral, Universitat de Girona. http://www.tdx.cat/handle/10803/7834

Argilés, M. Caterina. 1998. *Preus i salaris al segle XIV i XV a Lleida segons els llibres d'obra de la Seu*. Lleida: Universitat de Lleida.

Bassegoda, Joaquin. 1889. *La catedral de Gerona*. Barcelona: Tipografia de Fidel Giró.

Canal, J. ; Canal, E. ; Nolla, J.M. ; Sagrera, J. 2000. *El sector nord de la ciutat de Girona. De l'inici al segle XIV.* Girona: Ajuntament de Girona.

Carrasco, José. 2002. «La estructura gótica catalana: sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma en la cubierta». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. http://www.tdx.cat/TDX–0328103–121420

Chamorro, Miquel Àngel ; Llorenç, Francesc. 1993. *Els campanars gòtics a les comarques gironines*. Girona: Diputació de Girona, Col.legi Oficial d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona i Universitat de Girona.

Chamorro, Miquel Àngel. 2009. «The Construction of the Saint Felix Church Tower in Girona, During the Fourteenth Century: Workers, Materials and Equipment». En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, edited by Karl-Eugen Kurrer et. al., 1: 347–354. Cottbus: Chair of Construction History and Structural Preservation, Brandenburg University of Technology Cottbus.

Chamorro, Miquel Àngel. 2004. «La construcció de l›església de Sant Feliu de Girona al segle XIV. Els lli-

bres d›obra». Tesis doctoral, Universitat de Girona. http://www.tdx.cat/handle/10803/7836

Chamorro, Miquel Àngel. 2005. «Los libros de obra de la iglesia de San Félix de Girona. En *Actas del 4º Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editado por Santiago Huerta, 1: 317–327. Cádiz: Instituto Juan de Herrera, Sociedad española de Historia de la Construcción, Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz y Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cádiz.

Clara, J. ; Marquès, J.M. 1992. *Sant Feliu de Girona.* Col. lecció Sant Feliu. Girona: Parròquia de Sant Feliu.

Cuenca, Beatriu; Chamorro, Miquel Àngel. 2005. «El rol femenino en la construcción medieval. El ejemplo de la Iglesia de San Félix de Girona». En *Actas del 4º Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editado por Santiago Huerta, 1: 307–315. Cádiz: Instituto Juan de Herrera, Sociedad española de Historia de la Construcción, Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz y Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cádiz.

Freixas, Pere. 1983. *L'art gòtic a Girona. Segles XIII i XV.* Girona: Institut d'Estudis Catalans.

Homs, Cristina. 1977. «Los constructores de la Catedral de Girona. Aportación a su estudio (1367–1377)». *Cuadernos de Historia Económica de Cataluña,* XVII: 75–157.

Lambert, Elie. 1926. «Saint-Félix de Gérone église romane». *Revista de Catalunya*, Vol. V, 7.

Marquès, J.M. 2001. «El temple de Sant Feliu de Girona, al s. XIV». *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins,* Vol. 42.

Masià de Ros, Àngels. 1945. «Algunos documentos referentes a obras en la colegiata de San Félix de Gerona». *Anales y Boletín de los Museos de Arte de Barcelona,* 3 (4).

Serra i Ràfols, Elies. 1947–1951. «La nau de la Seu de Girona». En *Miscel.lània Josep Puig i Cadafalch,* 1: 185–204. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.

Sureda, Marc. 2008. «Els precedents de la Catedral de Santa Maria de Girona. De la plaça religiosa del fòrum romà al conjunt arquitectònic de la seu romànica (ss. I aC – XIV dC)». Tesis doctoral, Universitat de Girona. http://www.tdx.cat/handle/10803/7853

Victor, Sandrine. 2002. «La construction et les metiers de la construction a Gerone au XVe siecle». Tesis doctoral, Universitat de Savoie (inèdita).

Victor, Sandrine. 2004. *La construcció i els seus oficis a la Girona del segle XV*. Colección Historia de Girona 34. Girona: Ajuntament de Girona.

Victor, Sandrine. 2010. «Bâtisseuses de cathédrales? Le travail des femmes dans le secteur de la construction au bas Moyen Âge selon l'exemple de Gérona». En *Mélanges de la Casa de Velázquez.* N*ouvelle* sèrie, 40 (2): 59–72.

Tipología de cúpulas. Estudio de los proyectos académicos de la Real Academia de BB. AA. de San Carlos de Valencia. España. 1768-1846

Rafael Soler Verdú
Alba Soler Estrela
Luis Cortés Meseguer

La implantación en España, imitando el modelo francés, de las Academias en el siglo XVIII, impondrá un nuevo orden profesional que sustituirá a la práctica gremial. Las academias tendrán facultad para impartir títulos en diversos grados, y al mismo tiempo, ejercer el control y regular el proceso de construcción de la arquitectura pública.

El estudio de una fuente tan valiosa como los proyectos de los arquitectos académicos, posibilita entender los principios compositivos y constructivos, emanados de las academias, de tanta repercusión en la praxis constructiva.

La Academia de San Carlos de Bellas Artes conserva entre sus fondos, una amplia colección de proyectos y láminas de arquitectura, realizados por los arquitectos académicos durante su dilatado período de existencia. Debido al objetivo del estudio hemos seleccionado los relativos a los diseños de cúpulas. Complementariamente también hemos analizado, por su interés, diversos proyectos y diseños de cúpulas procedentes de otras fuentes, realizados por arquitectos académicos. La precisa y detallada información que proporcionan los fondos gráficos, sobre aspectos geométricos, forma, dimensiones y en menor medida sobre los componentes constructivos, espesores y sus conexiones, permite clasificar las cúpulas en diversos tipos, en función de las características arquitectónicas y constructivas.

Convendría resaltar la importancia de los estudios de tipología. Permite abordar el estudio de la construcción entendida como ciencia, como un sistema lingüístico, único modo de superar los polos opuestos de la generalización universal, abstracta y el caso individual, concreto, ambos extremos inoperantes.

Los levantamientos

En ocasiones hemos consultado levantamientos que incorporan metadatos que definen las deformaciones del intradós de la cúpula con gran precisión, incluso de sus aspectos ornamentales, pero que no aluden a parámetros constructivos, ni tan siquiera se conoce el espesor de la cáscara resistente. A pesar de la abundante información suministrada, a nuestros efectos resulta inoperante.

Hay que reconocer que sólo en contadas ocasiones se dan las circunstancias, de disponer de los medios necesarios, para definir la cúpula realmente construida. Diversas intervenciones, de conservación de cúpulas históricas, ha hecho posible definir a la par los parámetros geométricos y la composición constructiva de las mismas. Con la información obtenida en la dirección de trabajos de conservación, de cúpulas afectadas por diversas patologías (Soler-Estrela y Soler-Verdú 2016), hemos recogido un amplio repertorio de artefactos arquitectónicos. A partir de una visión constructiva funcional, ordenando una serie de parámetros en campos normalizados, hemos propuesto una clasificación de cúpulas tabicadas (Soler Verdú y Soler Estrela 2011; Soler-Estrela y Soler-Verdú 2015).

Siguiendo la línea de investigación, el estudio se aplica a las cúpulas recogidas en diseños y proyectos académicos, que aunque pueden introducir idealizaciones respecto a la praxis concreta, permiten ampliar el número de casos a analizar. Es imprescindible una lectura correcta, buscando un paralelismo con casos reales para interpretar los diseños adecuadamente.

Catálogo de diseños y álbum de proyectos

Para el estudio tipológico de las cúpulas se ha tomado como referencia básica, inicialmente el Catálogo de Diseños de Arquitectura de la Real Academia de BB.AA. de San Carlos de Valencia (Bérchez y Corell 1981). Se trata de una extraordinaria recopilación que contiene más de 600 láminas y proyectos de arquitectura, del período comprendido entre 1768 a 1846. Sus autores son arquitectos académicos, por lo tanto los diseños reflejan las enseñanzas recibidas y el contexto constructivo y arquitectónico del período estudiado.

Durante la investigación se ha considerado pertinente incorporar al estudio el Álbum de proyectos originales de arquitectura, de Manuel Fornés, Director de Arquitectura de la Academia de San Carlos de Valencia (Fornés 1846) durante un largo período. Además es un arquitecto de gran experiencia profesional, como acreditan sus Observaciones sobre el arte de edificar (Fornés 1841) en las que describe la práctica constructiva**,** dedicando mucha atención a los sistemas abovedados de albañilería. Los diseños del Álbum coinciden fielmente, con la solución ejecutada, como hemos podido verificar en diversas obras de restauración. A diferencia de la mayoría de los tratados, es de una extraordinaria fiabilidad, alejada de cualquier idealización abstracta, o ajena a la praxis local. Además de las citadas publicaciones, hemos consultado otros diseños de arquitectos académicos, para completar aspectos puntuales de la investigación.

Tipos constructivos funcionales

Los casos seleccionados para el estudio hacen referencia a cúpulas volteadas mediante el empleo de las técnicas de la albañilería. Esto no supone una limitación, ya que las soluciones basadas en las técnicas de cantería o de carpintería de armar son prácticamente inexistentes o anecdóticas. La disposición constructiva de la fábrica de ladrillo puede ser «a rosca» o «tabicadas», con espesores y disposición variables, en función de las dimensiones de los espacios a cubrir y del diseño de la cúpula. La clasificación aplicando una visión constructiva funcional es la que a continuación se describe:

A.1 Cúpula trasdosada por cubierta, de carpintería de madera

La cúpula tiene una cáscara[1] autoportante que limita el ámbito interior. El espesor de la misma varía en el caso de tabicada, en función del número de capas, o en las de rosca del canto de su aparejo. La cáscara está protegida por un desván superior, delimitado exteriormente por una envolvente, formada por un tejado descompuesto en faldones, generalmente de estructura de madera.

A.2 Cúpula trasdosada por cubierta de albañilería

La cúpula tiene una hoja autoportante similar al A.1 pero el tejado en lugar de tener una estructura de madera, es sustituida por una solución vernácula de mayor durabilidad. Los faldones están formados por tableros de ladrillo, apoyados en un encallejonado de tabiquillos, que arrancan desde el trasdós de la hoja interior, o cáscara autoportante o de bóvedas intermedias.

B.1 Cúpulas de cáscara de una hoja simple, revestimiento de tejas

En esta clase de cúpula la calota resistente está formada por una hoja simple, del espesor adecuado, que debe de resolver no solo los requisitos estructurales, sino además las derivadas de su condición de cubierta, de mayor exigencia funcional.

B.2 Cúpulas de cáscara de una hoja compuesta, revestimiento de tejas

En esta clase de cúpula la calota resistente está sometida a las mismas exigencias que el caso anterior, pero

la hoja simple ha evolucionado a una hoja compuesta formada por la conexión de dos hojas simples. Podrían incluirse los dos casos en uno, ya que ambos son funcionalmente de una hoja.

B.3 Cúpulas de cáscara de dos hojas, revestida de tejas

En esta clase de cúpula la calota exterior debe de comportarse como la calota del caso anterior, mientras que la hoja interior se asemeja inicialmente a los casos A. Dentro de este tipo, se pueden subdividirse en función de la conexión entre las hojas y sus espesores.

Esta clasificación no impide establecer soluciones híbridas o plantearse posibles líneas evolutivas

Los diseños y proyectos estudiados

Metodología

Para el estudio de cada cúpula, se dispone un primer grupo de apartados, relacionados con aspectos arquitectónicos: A. Clase de edificación en la que se ubica, B. Situación de la cúpula en la planta general, C. Autor del diseño, D. Fecha, E. Referencia documental y F. Observaciones. Este último apartado recoge cuestiones difícilmente codificables, pero que suministran una información relevante para posteriores análisis finales.

La lectura de las láminas se centra en la cúpula y se extiende hasta el tambor por considerarlo un componente clave de transición y relación con el conjunto. Por ello se ha considerado importante descomponer para el estudio la cúpula en los siguientes elementos: la linterna, la calota resistente y el tambor.

Cúpula 01 (figura 1). A. Sala Capitular para catedral, B. Cúpula de rotonda sobre tambor circular de cuatro machones, C. Fornés y Gurrea, D. 1846, E. «Álbum pp 73 Lámina XXVI CAP XX p 21, F. Observaciones: Obsv 01. p 21 «Sus bóvedas tabicadas de doble ladrillo y yeso,…» Obsv 02. La cúpula es trasdosada con una bóveda tabicada intermedia en la parte inferior del desván formado por el faldón de la cubierta. Obsv 03. Linterna sobre ocho columnas aisladas. Obsv 04. El intradós esta compartimentado en ocho sectores. Forma semiesférica. Obsv 05. No existe hoja exterior, en su lugar entramado madera. Obsv 06. Cuatro machones de pilastras pareadas de 6.87 pv profundidad 15.62 pv anchura, vaciados con hornacinas. Obsv 07 La medida a escala del espesor de la cáscara es ligeramente mayor al que corresponde con la hoja tabicada doble, desviación asumible.

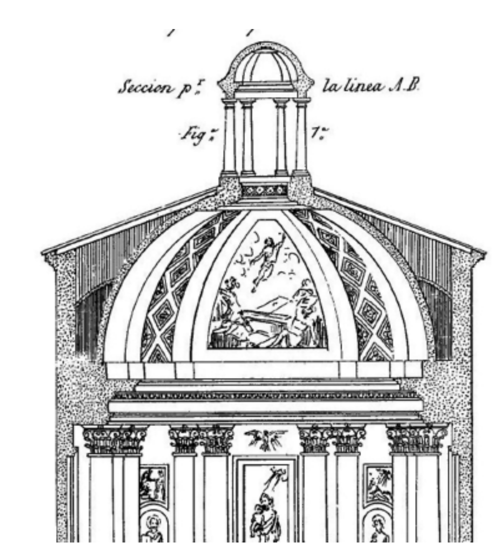


Figura 1
Cúpula 01 (Fornés 1846).

Cúpula 02 (figura 2). A. Capilla aislada, B. Cúpula en un pentágono, C. Fornés y Gurrea, D. 1846, E. Álbum p 77 Lámina XXX, Cap XXIV p 23, F. Observaciones: Obsv 01. p24 «su bóveda debe estar bien construida de ladrillos dobles y yeso cubriéndolas con buena y sólida teja, con argamasa blanca...»

Cúpula 03 (figura 3). A. Templo capilla, B. Capilla oval, C. Bayot i Castellet, D. 1771, E. Catálogo p 130, F Observaciones: Obsv01. Cúpula central ovalada en planta rectangular de 93 × 124 pv exteriormente. Espesor del muro 4.38 pv. Obsv 02. El espesor de la calota parece insuficiente.

Cúpula 04 (figura 4). A. Capilla, B. Cúpula situada sobre crucero, C. Vicente Cazador, D. 1795, E. Catálogo, p 140, F. Observaciones: Obsv 01. Planta cruz griega de 49.50 × 90.00 pv Obsv 02. La parte inferior de la cáscara, hasta 30º es maciza, manteniendo el espesor uniforme. Superiormente se remata con costillas y tablero, formando cajones. La parte supe-

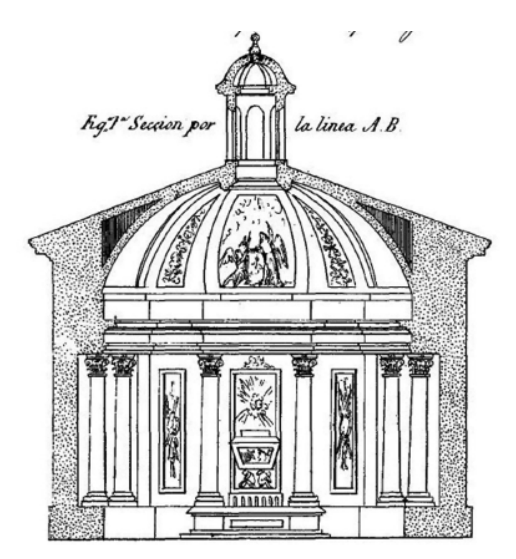


Figura 2
Cúpula 02 (Fornés 1846).

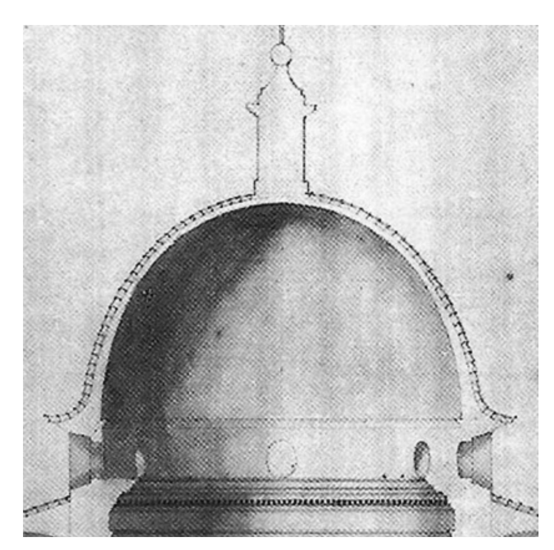


Figura 3
Cúpula 03 (Bérchez y Corell 1981).

rior podría considerarse una hoja compuesta tipo B2. Obsv 03. Tambor circular perforado con cuatro ventanas Obsv 04 La cúpula es circular semiesférica.

Cúpula 05 (figura 5). A. Colegio militar, C. Fornés y Gurrea, D. 1846, E. Álbum p 79. Lámina XXXII p 26 Cap XXVI, F. Observaciones: Obsv 01. Cáscara

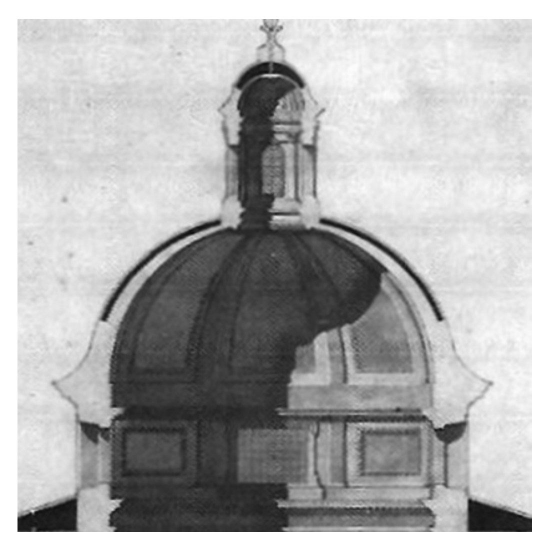


Figura 4
Cúpula 04 (Bérchez y Corell 1981).

reforzada con doce nervios convergentes en la clave, con cuatro óculos. Obsv 02. p 27 «… las bóvedas de tabiques dobles…»

Cúpula 06 (figura 6). A. Catedral Valencia, B. Capilla junto nave lateral, C. Vicente Ferrer, D. 1837, E. Catálogo p 115, F. Observaciones: Obsv01. Cúpula

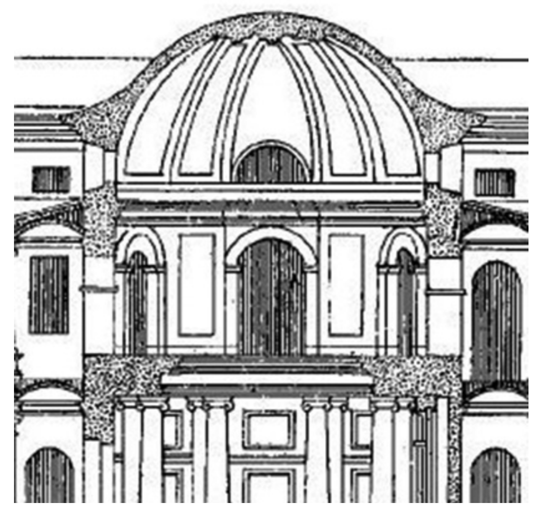


Figura 5
Cúpula 05 (Fornés 1846).

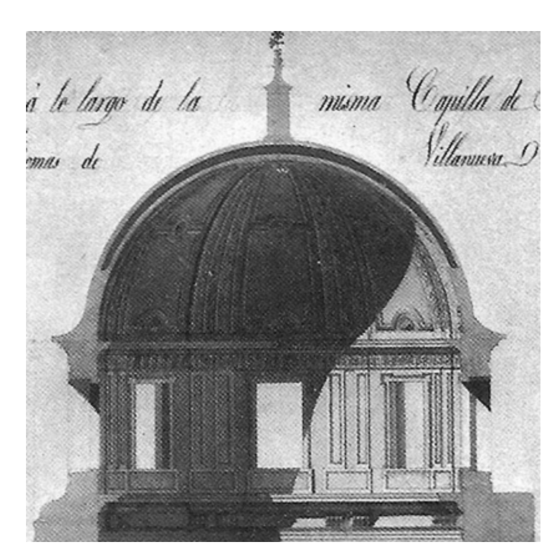


Figura 6
Cúpula 06 (Bérchez y Corell 1981).

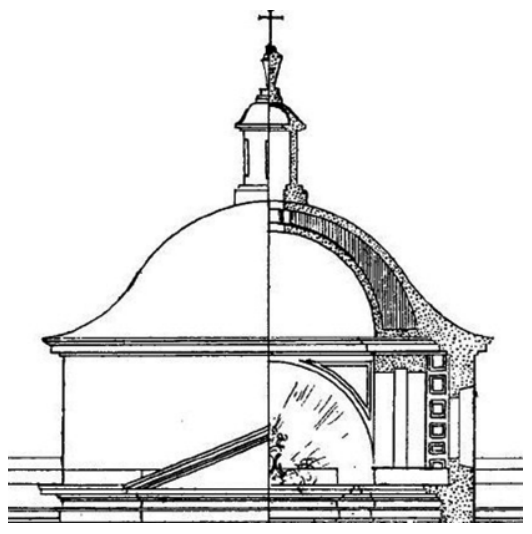


Figura 7
Cúpula 07 (Fornés 1846).

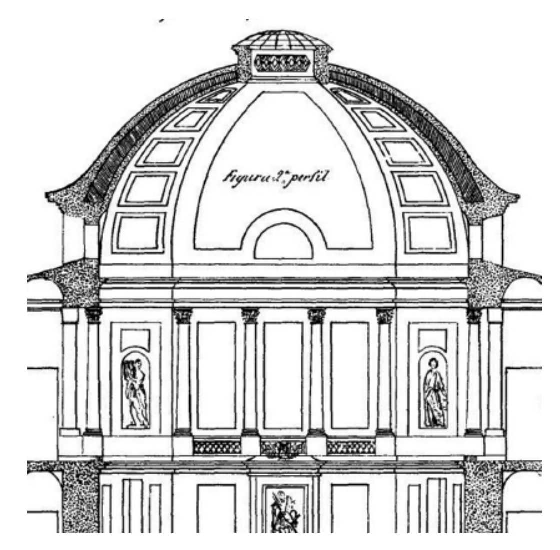


Figura 8
Cúpula 08 (Fornés 1846).

circular tambor octogonal Obsv 02. La parte inferior hasta una altura de 12 pv es maciza de 3 pv de espesor. Obsv 03. La parte superior es una hoja compuesta alveolada con dos hojas simples de 0.75 pv.

Cúpula 07 (figura 7). A. Capilla en despoblado, B. Cúpula sobre crucero, planta cruz griega, C. Fornés y Gurrea, D. 1846, E. Álbum p 63 Lámina XVI p 14 Cap XIII, F. Observaciones: Obsv 01. La parte inferior el faldón tiene una contra curva. El desván inferiormente es de 9.41 pv y superiormente de 5.49 pv. Obsv 02. Hoja exterior circular rebajada. Obsv 04. Cúpula situada sobre el crucero de 45.40 × 78.40 pv de planta de cruz griega. Espesor del muro 5 pv. Obsv 05. p 14 «Cúpula y linterna de ladrillo y yeso, sobre los que se harán las vertientes con encallejonados, cubriéndose de buena y sólida teja bien pavimentada.» Las dos hojas de la calota podrían estar conectadas con costillas.

Cúpula 08 (figura 8). A. Salón de actos para la universidad, B. Salón de actos, C. Fornés y Gurrea, D. 1846, E. Álbum p 66 Lámina XIX, p17 Cap XV, F. Observaciones: Obsv 01. Dos hojas tabicadas la exterior, tiene mayor espesor quizás por incluir la capa de la teja. Obsv 02. La linterna es de poca altura. Obsv 03 Cúpula situada sobre planta ochavada, perforada para huecos iluminación. Obsv 04. p.17 «las bóvedas de cubierta de ladrillo, las exteriores de buena argamasa blanca y las interiores con yeso,…» Obsv5 p.17 «la bóvedas tabicadas dobles, con encallejonados para formar vertientes y sobre estas la cubierta de tejas…»

Cúpula 09 (figura 9). A. Templo, B. Cúpula de rotonda sobre tambor circular, Valencia, C. 1768, D.

Juan Bautista Mínguez, E. Catálogo p 280, F. Observaciones: Obsv 01 Juan Bautista Mínguez. Valencia 1715 Valencia 1787. Título de Arquitecto. 13 mayo 1768. Obsv.02. La hoja interior está encajada en su banda inferior de 11pv de altura por una elevación del tambor de espesor decreciente desde 14pv hasta 6pv. Obsv 03. El intradós semiesférico está compartimentado en plementos mediante diez nervios planos pareados, que confluyen en un medallón central. Obsv 04. La cáscara exterior está coronada por un gran pedestal que sirve para la fijación de una gran cruz que remata el conjunto a una altura de 200 palmos. No se detalla su apeo ni el contrarresto interior Obsv 05. La hoja exterior se eleva a partir de la zona maciza, su centro se sitúa elevado respecto al arranque de la hoja interior. Obsv 06. Entre las hojas se genera un desván de espesor variable de 10 pv en la parte superior. No se detalla ninguna conexión entre las hojas. Obsv 08 El tambor se eleva hasta la cornisa de la cubierta trasdosando la cúpula, en su banda inferior de 11 pv. Obsv 09. El tambor se descompone en diez nichos para capillas y diez machones de forma trapezoidal de 15 palmos de profundidad y ancho interior de 18 palmos y exterior de 26 palmos. Están enlazado por un muro de de espesor entre pie y medio y dos pies de traza curva por el interior y que sigue la traza de un icoságono por el perímetro exterior

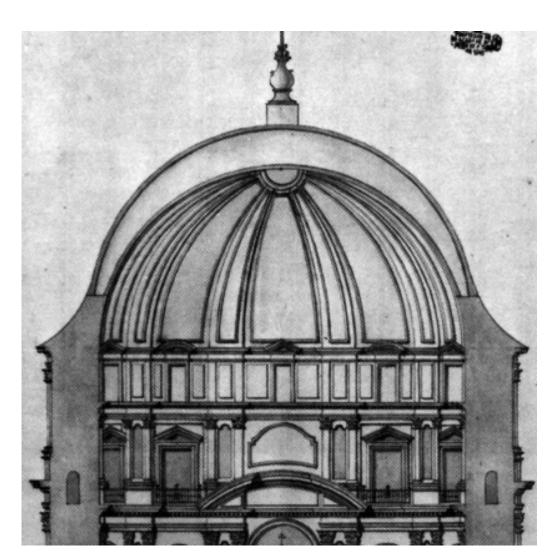


Figura 9
Cúpula 09 (Bérchez y Corell 1981).

Obsv 10. El espesor de las hojas de la calota parece que deja abierta la posibilidad de su ejecución tabicada o a rosca.

Cúpula 10 (figura 10). A. Capilla N Sra Carmen. Valencia, B. Cúpula ovalada en planta ochavada, C. 1841, D. Manuel Ferrando, E. Catálogo, p120, F. Observaciones: Obsv 01. Composición en escalas de palmos y módulos. Obsv 02. Linterna ovalada ocho machones de columnillas agrupadas. Obsv 03. La zona maciza de la cúpula alcanza una altura de 10.30 pv Obsv 04. Tambor de planta rectangular de 54 × 68 pv, achaflanada

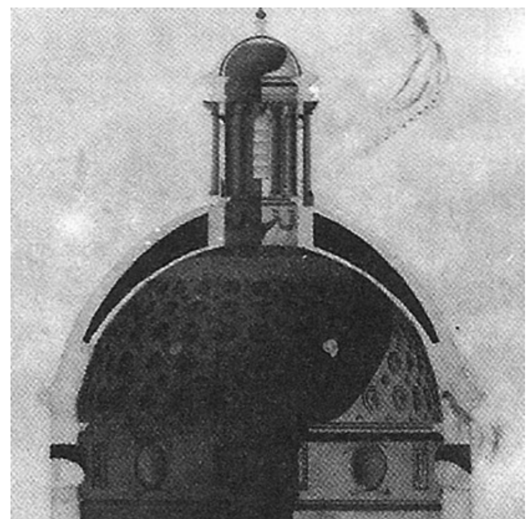


Figura 10
Cúpula 10 (Bérchez y Corell 1981).

Cúpula 11 (figura 11). A. Iglesia Parroquial, B. Cúpula sobre crucero, C. J Vicente Cuenca, D. 1818, E. Archivo Parroquial Oliva, F. Observaciones: Obsv 01. Iglesia Sant Roc de Oliva. Valencia Obsv 02. J Vicente Cuenca, familia de arquitectos y maestros de obras, oriundos de Xàtiva. F Cuenca académico de la Real Academia de San Fernando. Obsv 03. La cúpula semiesférica se eleva sobre un tambor de 2.50 pv de altura y de 3.20 pv de espesor sobre el que se apoyan las dos hojas. Obsv 04. Las dos hojas se conectan mediante tres anillos: en el apoyo de la linterna, en la sección de disminución del espesor de la hoja exterior y en una altura intermedia. Formándose una es-

tructura cajón compartimentada en tres alvéolos. Obsv 05. La hoja exterior es a rosca en el tercio inferior, pasando a tabicada en la parte superior. Obsv 06. Hay otro diseño del académico de la Real Academia de San Carlos, J Vicente Ferrer, que en 1869 proyecta un tambor de 22 pv de altura, en lugar del inicial de 6.75 pv. La cúpula fue ejecutada y tuvo que ser demolida al entrar en un proceso de ruina, por el excesivo peso del tambor.

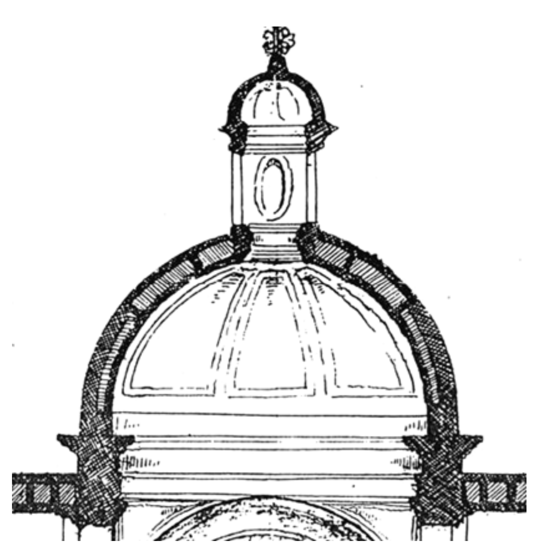


Figura 11
Cúpula 11 (Bérchez y Corell 1981).

Debido a las normas de presentación el artículo, que limita su extensión, se incluye una selección representativa de las cúpulas estudiadas. El análisis se realiza mediante la detenida y reiterada lectura de las láminas, para recoger ordenadamente los resultados en forma de tabla (tabla 1 y tabla 2). La elaboración de la misma se ha basado en la revisión de investigaciones anteriores (Soler Verdú y Soler Estrela 2011). En cada cúpula se incluye una codificación relativa a la existencia o no de linterna; Tipo constructivo (A1, A2, B1, B2 o B3); Tipo de tambor: tambor muro (TMC), tambor elevado (TEL) o tambor trasdosando (TTC); Tipo de planta: circular (CIR) ovalada (OVA), octogonal (OCT) o pentagonal (PTG); Tipo de hoja/s de ladrillo tabicado (TAB) o a rosca (ROS). En la parte inferior, en cada uno de los campos se recogen codificados los parámetros dimensionales de cada componente. Linterna: Diámetro interior (dix, diy); altura interior y exterior (hi, he); diámetro exterior (dex, dey); espesor (esp). Anillo: Diámetro interior (dix, diy); altura anillo (ha), ancho anillo (a); diámetro exterior (dex, dey). Hojas: radio interior x (rix, riy); flecha z (fz); cota arranque hoja interior (cHi); cota arranque hoja exterior (cHe); espesor inferior (ei); espesor medio (em); espesor superior (es). Tambor: cota cornisa exterior (cCe); cota imposta inferior (cIi); altura tambor (ht); espesor tambor (et); diámetro exterior (dex, dey). La unidad empleada en las tablas es el palmo valenciano. [2]

CUP_01 Linterna:Si Tipo:A1 Tambor:TMC Planta:CIR Calota: TAE							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
8.12	8.12	18.75					
ANILLO An							
01 dix	02 diy	03 ha	04 aa	05 dex	06 dey		
		4.37	2.8				
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
19.06	19.06		45	0.81	0.81	0.81	23.53
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
45.00	0	45.00	6.87				
CUP_02 Linterna:Si Tipo:A2 Tambor:TEL Planta:PTG Calota:TAB							
PARAMETROS SIMILARES A CUP_07 PERO DE PLANTA PENTAGONAL							
CUP_03 Linterna:No Tipo:B1 Tambor:TEL Planta:OVA Calota:ROS							
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
25.38	41.42	30.60	70.00	1	1	1	25.38
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
70	0	70	4.68				
CUP_04 Linterna:Si Tipo:B1 Tambor:TEL Planta:CIR Calota: ROS							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
9.68	9.68		24.77			1.93	
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
24.25	24.25	24.00	99	5.03	2.70	0.8	
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
99.00	75.48	23.52	4.5				
CUP_05 Linterna:No Tipo: B1 Tambor:TMC Planta:CIR Calota: ROS							
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
28.81	28.81	28.49	73.88	6.33	2.11		13.65
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
88.66	73.88	14.78	6.33				
CUP_06 Linterna:No Tipo:B2 Tambor:TEL Planta:CIRC Calota:TAB							
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
30		30	126.30	3		0.75+0.75	40.00
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
126.30	92.25	34.05	4.5				

Tabla 1
Cúpulas 01 a 06, perteneciente a los tipos A1, A2, B1 y B2.

CUP_07 Linterna:Si Tipo:B3 Tambor:No Planta:CIR Calota:TAB/ TAB							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
9.00	9		23.52	12		1.5	
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
22.74	22.74	22.74	89.37	1.5			15.16
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
32.14	32.14	28.22	89.37			1.5	21.42
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
89.37	56.45	32.92	5.5				
CUP_08 Linterna:Si Tipo:B3 Tambor:TMC Planta:OCT Calota:TAB/TAB							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
13.00	13.00	7	7				
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
37.50	37.50	39	69			0.5	75
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
40	40	41	69.00			0.75	53.33
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
83.00	61.00		7.5				
CUP_09 Linterna:No Tipo:B3 Tambor:TMC Planta:CIR Calota:ROS(TAB)/ROS (TAB)							
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
54.00	54.00	54.00	88.41	6 a 14	1.25	1.25	43.20
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
56	56	56	108	1.25	1.25	1.25	44.80
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
92.00	0	92.0	15.00	138.00	138.00		
CUP_10 Linterna:Si Tipo:B3 Tambor:TMC Planta:OVA Calota:TAB/TAB(ROS)							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
9.27			22.00	13.40			
ANILLO An							
01 dix	02 diy	03 ha	04 aa	05 dex	06 dey		
9.27	12.16	6.20	2.00	13.40			
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
23.45	30.77	23.45	52.65		0.60	0.60	39.08
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
		27.81	52.65	3.60		1.55	
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
60.26		60.26	3.60				
CUP_11 Linterna:Si Tipo:B3 Tambor:TEL Planta:CIR Calota:TAB/ROS							
LINTERNA Li							
01 dix	02 diy	03 hi	04 he	05 dex	06 dey	07 esp	
7.5	7.5	16.5	20	9.5	9.5		
ANILLO An							
01 dix	02 diy	03 ha	04 aa	05 dex	06 dey		
5	5	4.25	2	9.5	9.5		
HOJA INTERIOR Hi							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHi	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
18.00	18.00		73.75	0.6	0.6	0.6	30.00
HOJA EXTERIOR He							
01 rix	02 riy	03 fz	04 cHe	05 ei	06 em	07 es	08 r:e
19.25	19.25		73.5	1.8	0.6	0.6	32.08
TAMBOR Tb							
01 cCe	02 cli	03 ht	04 et	05 dex	06 dey		
73.75	67.00	6.75	4.5	43.5	43.5		

Tabla 2
Cúpulas 07 a 11, perteneciente al tipo B3.

Conclusiones

Respecto a la lectura de las láminas

Las plantas y alzados definen con bastante aproximación la composición arquitectónica. La escala de los diseños, apropiada para definir la forma y dimensiones generales, son algo imprecisas cuando hay que determinar los espesores de la cáscara resistente. Debe de contrastarse, con una lectura constructiva, que relacione el espesor con su materialización como fábrica de ladrillo tabicada o a rosca. Las láminas no proporcionan detalles constructivos, sin embargo en los textos que los acompañan hay algunas referencias.

Respecto a los tipos funcionales

El estudio ha permitido recopilar al menos un caso de cada tipo. Los casos A1 y A2, cúpulas trasdosadas por cubierta, la calota autoportante, es de una hoja situada al interior del desván, son las menos utilizadas y son las de menor entidad constructiva. Las de mayor interés y complejidad, se han recogido en los casos B1, B2 y B3. Este último es el más habitual y puede considerarse como el final de la línea evolutiva, sino cronológica si funcional. El caso B2 podría incluirse en el B1, como transición de la cúpula de una a dos hojas. Es un artefacto de pragmatismo constructivo de complejo comportamiento estructural y funcional.

Respecto a la cáscara o calota

El empleo de la doble capa de ladrillo tomado con yeso, hoja tabicada es la cáscara que se utiliza en los tipos A1, A2 y también es la solución habitual en el tipo B3. Se trata de un elemento estructural de gran esbeltez. La solución de fábrica de ladrillo a rosca se emplea en el caso B1, cáscara de una hoja. En las cúpulas estudiadas el espesor medio no suele ser superior a un pié, salvo la parte inferior o banda de arranque que es mayor. La relación entre el radio de la cúpula y el espesor de la cáscara resistente es salvo excepciones superior a 20. Por lo tanto se trata de membranas y el cálculo estructural debe de ajustarse a ese modelo. Ello comporta el análisis bidireccional y la admisión de esfuerzos de tracción de la fábrica de ladrillo. Su descomposición virtual en arcos de

anchura variable, da generalmente como resultado la inestabilidad de cúpulas que en cambio se mantienen erguidas, contradiciendo la hipótesis de tracciones nulas (Soler Verdú 2006).

Respecto a la forma

La planta circular es la más frecuente, las ovaladas se resuelven con el mismo repertorio técnico y formal. Son excepcionales las de planta poligonal. Las elevaciones tienden a priorizar la sección semicircular en búsqueda de la semiesfera. Sin descartar luces mayores, los diámetros interiores más habituales están acotados entre 8 y 14 metros.

Respecto a los componentes arquitectónicos

El modelo canónico es el de cúpula con linterna, sobre esbelto tambor elevado sobre arcos torales y pechinas del crucero. El tambor además de su gran incidencia formal, es un componente de gran importancia en el comportamiento estructural, como base de la cúpula. Hemos distinguido tres categorías. El tambor muro (TMC) desde cimentación hasta arranque cúpula, en espacios centralizados tipo rotonda. El tambor elevado (TEL) sobre arcos torales y pechinas. Esta clase es la que ha originado los mayores fracasos debido a que el peso del tambor, no ha podido ser soportado por la falta de resistencia de los arcos torales o las pilastras o por fallo del terreno. Soluciones pragmáticas han reducido el alzado del tambor al mínimo indispensable. En la clase tambor trasdosando (TTC) la parte inferior de la cúpula, el tambor se eleva respecto al arranque de la cúpula generando un anillo que refuerza la banda inferior traccionada o que contiene los empujes, modificando el comportamiento estructural de la cúpula aislada.

Respecto al entorno cultural

El trabajo ha sido acotado en el periodo de vigencia de las academias desde mediados del siglo XVIII al XIX, y en un ámbito territorial que toma como epicentro a la Real Academia de BB.AA. de San Carlos de Valencia. Futuras líneas de investigación permitirán establecer comparaciones tipológicas entre las cúpulas estudiadas, con otras de diferentes ámbitos geográficos, culturales o cronológicos. Un capítulo particular debería analizar las cúpulas más representativas internacionalmente y deducir establecer influencias o filiaciones.

Notas

1. Se define como cáscara u hoja, el elemento estructural de superficie curva de grandes dimensiones en comparación con el espesor. Está formado en el caso de las hojas tabicadas por las distintas capas superpuestas de ladrillo y yeso. Cuando el ladrillo se dispone de canto o a rosca, el espesor depende del aparejo de la fábrica de ladrillo. En la literatura técnica es frecuente referirse a hoja a lo que llamamos capa en este artículo.
2. El pitipié de las láminas está en palmos valencianos y generalmente además en pies castellanos. Un palmo valenciano (pv) equivale a 22.65 cm. El pie castellano de Burgos a 27.86 cm.

Lista de referencias

Bérchez Gómez, J. y Corell Farinós, V. 1981. *Catálogo de Diseños de Arquitectura de la Real Academia de BB.AA. de San Carlos de Valencia 1768–1846.* Colegio Oficial Arquitectos Valencia y Murcia.

Fornés y Gurrea, Manuel. 1841. *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Valencia.

Fornés y Gurrea, Manuel. 1846. *Álbum de proyectos originales de arquitectura, acompañados de lecciones explicativas para facilitar el paso a la invención a los que se dedican a este noble Arte.* Madrid.

Soler Verdú, R. 2006. Los modelos virtuales. De la geometría a las ecuaciones. En *Cúpulas azules de la comunidad valenciana,* 321–334. Valencia

Soler Verdú, R. y Soler Estrela, A. 2011. Navegando por el trasdós de las cúpulas tabicadas: tipos constructivos y noticia de artefactos construidos en *Construyendo bóvedas tabicadas. Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas,* p 177–203. Valencia. Universitat Politécnica València.

Soler-Verdú, R. y Soler-Estrela, A. 2015. Tipología de cúpulas tabicadas. Geometría y construcción en la Valencia del siglo XVIII. *Informes de la Construcción*, 67(538): e078. http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.180

Soler-Estrela, A. y Soler-Verdú, R. 2016. Restoration Techniques Applied to Tile Dome Conservation in the Western Mediterranean. Valencia, Spain. *International Journal of architectural Heritage* Vol 10, n5. http://dx.doi.org/10.1080/15583058.2015.1010127

El puente «San Ignacio»: testigo vivo del auge y caída de la Compañía de Jesús en la Nueva España

Miguel Ángel Soto Zamora

El puente de San Ignacio es una obra monumental del siglo XVIII en Aguascalientes, México, construido en el periodo de auge de las haciendas productivas en el estado. Su estructura se ha mantenido en funcionamiento de manera ininterrumpida por más de doscientos años, sin embargo, este puente además de resultar pieza clave de la movilidad urbana en la zona representa un importante vínculo entre eventos claves del pasado de la ciudad y el crecimiento urbano que experimentara la misma en los próximos años.

En este trabajo se evalúa y analiza la historia detrás de la construcción, colapso y reedificación del puente «San Ignacio» el cual pese a ser uno de elementos de infraestructura patrimonial mejor conservados del Camino Real de Tierra Adentro [Patrimonio de la Humanidad UNESCO 2010], carece como la mayoría de los puentes del periodo en México de un estudio historiológico serio, por lo que se planteó como objetivo principal de este trabajo la realización de una intensa búsqueda documental contrastando las fuentes de información existentes con las evidencias físicas presentes en los elementos constructivos del monumento. A través de este estudio fue posible determinar que las dataciones del puente presentes en diversos estudios modernos eran erradas, debido principalmente a la mala interpretación de las evidencias físicas presentes.

Un estudio detallado del contexto histórico, permitió determinar la estrecha relación entre la construcción inicial del puente y su posterior abandono efímero, con el auge y caída de la Compañía de Jesús en la Nueva España [de ahí su apelativo en honor a San Ignacio de Loyola, su fundador], demostrando así la actividad colonizadora de los Jesuitas a mediados del siglo XVIII. El puente formó parte de una red esencial de caminos que permitía el tránsito de mercancías perecederas desde las haciendas productivas agrícolas y ganaderas de la Compañía dedicadas al mantenimiento económico de la labor educativa y evangelizadora de los Colegios Jesuitas en las ciudades mineras del norte de la Nueva España, especialmente en la provincia de Nueva Galicia. Finalmente se estudió la transfiguración del monumento hacia la era latifundista e industrial en la región, sus reconstrucciones, cambios en la semiótica de su ornamentación y las perspectivas a futuro respecto al crecimiento urbano de su contexto geográfico.

Etapas constructivas del puente

A través de una inspección inicial del puente fue posible apreciar la existencia de por lo menos cuatro etapas constructivas relevantes a lo largo de su historia, de acuerdo a lo mostrado en la figura 1:

Primera Etapa: Las Haciendas Jesuitas

La primera etapa constructiva data de finales de la primera mitad del siglo XVIII. De esta etapa constructiva solo se conservan cuatro arcos, los cuales

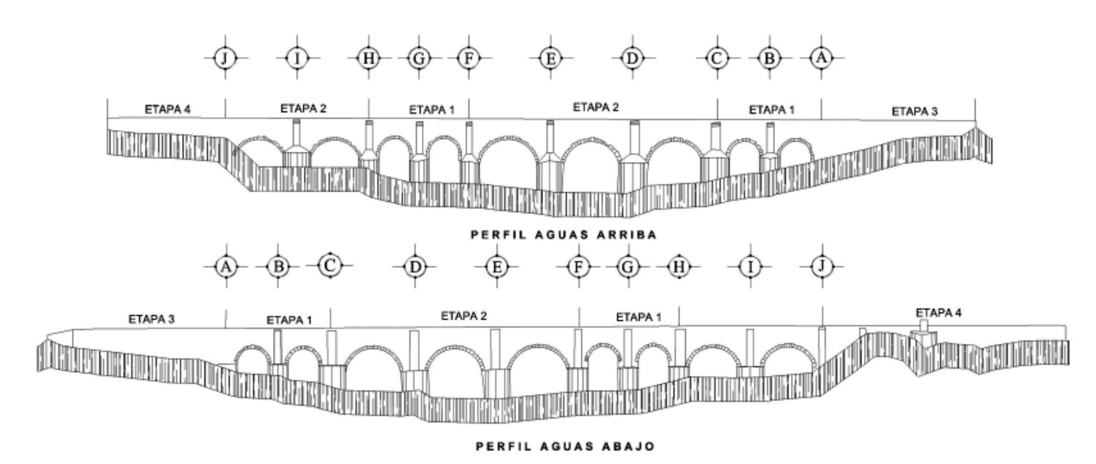


Figura 1
Etapas constructivas del puente San Ignacio [Alzado]. (Elaboración propia)

son de dimensiones más pequeñas que los más modernos y los cuales tienen un estado de deterioro más avanzado. Esta etapa fue construida con una toba blanquecina con algunas incrustaciones, el cual probablemente se extrajo de la Ex-Hacienda la Cantera la cual fue propiedad de los Jesuitas en la época y la cual seguramente fue la fuente de materiales para esta etapa constructiva.

Este material aparentemente sufrió un intemperismo bastante acelerado a juzgar por el nivel de desgaste evidenciado en las dovelas de los arcos y en las mismas piezas de la bóveda, lo anterior debido a que



Figura 2
Arcos subsistentes de la primera etapa constructiva del puente San Ignacio. (Fotografía del Autor)



Figura 3
Desgaste en las dovelas de un arco de la primera etapa constructiva del puente San Ignacio. (Fotografía del Autor)

la toba empleada presenta una alta absorción de agua y una tendencia al daño ante la reactividad con sales.

En la fotografía anterior, es posible observar las características de los ornamentos en las claves de los arcos de esta etapa constructiva [los cuales representan la única ornamentación que ha subsistido del puente a través de los años], estos elementos escultóricos representan monjes o santos probablemente a raíz de su relación con los jesuitas y al carácter religioso de los principales promotores de la construcción del puente en su etapa inicial como se verá más adelante.

Segunda Etapa: Los Grandes Hacendados

La segunda etapa constructiva representa la primera reconstrucción del puente tras el colapso parcial del mismo por una crecida del río San Pedro, dicha etapa data de finales de la segunda mitad del siglo XVIII, de esta etapa se conservan cinco arcos, con un nivel de preservación aceptable, es notorio el cambio de material en la construcción de esta etapa respecto de la etapa anterior. Dicha intervención se realizó con una toba de rosa a purpura sin muchas incrustaciones, este material fue utilizado para reconstruir los arcos dañados durante el colapso, en las siguientes fotografías es posible apreciar las hiladas donde se unieron las dos etapas, apreciándose la diferencia de los colores entre los dos materiales.

Es posible apreciar una mejor técnica constructiva y una mejor calidad en la conservación de los materiales empleados, a pesar de que la diferencia de edades entre los materiales usados en la primera y segunda etapas constructivas no es demasiada [quizás 50 años], el contraste en el desgaste de dichos materiales es remarcable. Por lo que resulta de vital importancia la caracterización de los materiales encontrados para fines de análisis e intervención. Lo anterior también es apreciable en la conservación de los elementos ornamentales en las claves de los arcos, donde a diferencia de la primera etapa, la iconografía cambia y ya no se representan símbolos religiosos sino herrajes de las haciendas que se formaron tras el reparto de los territorios ocupados por los jesuitas antes de la expulsión en 1767.

Tercera Etapa: La Gran Fundidora Central

La tercera etapa constructiva corresponde a una intervención de principios del siglo XX, aunque no se ha encontrado evidencia documental de las fechas



Figura 4
Detalle de la unión entre las etapas constructivas 1 y 2. (Fotografía del Autor)



Figura 5
Estado de conservación de las dovelas y ornamentos de los arcos de la segunda etapa constructiva del puente. (Fotografía del Autor)

exactas de dichos trabajos, consistió en la sustitución del empedrado del puente por un embaldosado con bloques de un material relativamente frágil, dicho embaldosado se encuentra en un estado avanzado de deterioro, casi todas las piezas están quebradas y muchas han sido sustituidas por los trabajos de bacheo. El trabajo de sustitución fue deficiente pues no se obedecieron las pendientes originales de la calzada y el sistema de drenaje quedó obsoleto. Así mismo durante esta etapa se reemplazaron secciones dañadas del parapeto con los mismos bloques utilizados en la calzada.

De acuerdo con algunas fotografías antiguas rescatadas, el puente de San Ignacio originalmente poseía un pavimento formado de piedra bola, material común en áreas cercanas a ríos y que por lo mismo implicaba un bajo costo. Sin embargo, el puente San Ignacio en la actualidad cuenta con un embaldosado de un material poco común.

Todo parece indicar que la segunda intervención al puente de San Ignacio está íntimamente ligada con la industrialización de la ciudad de Aguascalientes a principios del siglo XX. La llegada de la Gran Fundición Central Mexicana a la ciudad en 1895, produjo un cambio fundamental a las dinámicas urbanas y sociales de una ciudad que hasta ese momento era casi una comunidad rural. La introducción de vehículos motorizados causó la necesidad de mejorar la incipiente red de infraestructura vial principalmente en las zonas aledañas a las plantas industriales, este fue el caso del puente de San Ignacio, el cual recibió una serie de mejoras en el periodo comprendido entre 1985 y 1925. Estas mejoras se realizaron utilizando un material conocido como escoria de fundición el cual es un subproducto de las actividades de refinación de materiales producto de la minería.

Este bloque de escoria se producía vaciando los residuos del proceso de la fundición en moldes prismáticos, donde el material se enfriaba y endurecía hasta alcanzar una densidad y resistencia muy altas, lo que sin embargo hace que dichas piezas tiendan a ser frágiles.

Estos bloques fueron también usados para la reparación de los parapetos que habían colapsado total o parcialmente en una época no determinada. Es posible apreciar en las imágenes siguientes que usando un aparejo sencillo se sustituyeron algunas zonas del parapeto de la segunda etapa constructiva del puente. Es posible apreciar también en la imagen como a la calzada se le dio una pendiente desde el centro hacia ambos parapetos, lo que significó un problema dado que en la cara aguas arriba del puente no existen sistemas de desalojo de aguas pluviales, los cuales pueden ser solo localizados en la cara aguas abajo.



Figura 6
Fotografía de inicios del siglo XX del puente San Ignacio donde es posible apreciar el empedrado original (Archivo General Municipal de Aguascalientes)



Figura 7
Utilización de los bloques de escoria de fundición en los



Figura 8
Embaldosado y sustitución del parapeto con bloques de escoria de fundicion en el aproche norte. (Fotografía del Autor)



Figura 9
Modificaciones en el aproche sur durante la cuarta etapa constructiva del puente. (Fotografía del Autor)



Cuarta etapa: La ciudad crece

La cuarta etapa constructiva corresponde a trabajos realizados para la rectificación del trazado de la actual Avenida «Antiguo camino a San Ignacio», estos trabajos fueron realizados probablemente a principios de la década de 1980, las intervenciones apreciables en el puente consistieron en la sustitución del empedrado en los aproches Norte y Sur del puente, así como la reconstrucción del aproche sur para alinearse con la nueva avenida. Además, en dicho aproche se construyeron parapetos de hormigón armado los cuales se encuentran muy deteriorados, también se reconstruyeron las pilastras con las carteletas del puente. Estas modificaciones para cambiar el trazo consistieron en la construcción de un parapeto de hormigón nuevo, así como un muro de contención y un empedrado en la zona del aproche sur del puente, en el aproche norte solo se construyó un empedrado, para conectar con el camino rural que se extendía en dicha dirección hacia la comunidad de San Ignacio. En la siguiente imagen puede apreciarse el parapeto de hormigón armado construido en la cuarta etapa constructiva del puente, así mismo es posible observar que se reconstruyeron las pilastras de las carteletas del puente, quizá afectadas por algún accidente vial.

La compañía de Jesús y la construcción del puente San Ignacio

La presencia de los Jesuitas en la provincia de Nueva Galicia en la Nueva España, representó el detonante principal para la construcción del puente San Ignacio. La presencia de la compañía de Jesús en el norte de la Nueva España dio lugar a la fundación de misiones (María y Negro 2000), su llegada a Zacatecas, ayudó a configurar la red de haciendas productivas que dieron origen a la construcción del puente San Ignacio.

> Dos jesuitas vinieron a Zacatecas por primera ocasión en 1573 con la idea de misionar, regresaron en 1574 y en 1589 ocuparon un lugar que les fue donado llamado la Ermita de san Sebastián (Recéndez 2015)

Una vez establecidas las misiones, la labor educativa de los jesuitas predominó como su principal actividad después de la actividad pastoral.

> En 1616, gracias a la donación del Maestre de Campo don Vicente Zaldívar y de su esposa Ana Bañuelos, se mudaron al céntrico espacio que ocuparía su claustro, templo y colegio. Ahí establecieron el Colegio de la Purísima Concepción, llamado luego Colegio Grande o de

> la Compañía, que desde su fundación perduraría como la principal institución educativa en la ciudad de Zacatecas y todos sus alrededores. Pese al severo declive económico que padeció Zacatecas a finales del siglo XVII, no cerraría hasta 1767, año en que la orden fue expulsada de España … (Recéndez 2015).

Para mantener el funcionamiento de sus labores educativas, sociales y pastorales, los Jesuitas obtuvieron grandes extensiones de tierra de labranza, en las cuales se desarrollaron haciendas con robustos sistemas productivos, los cuales fueron ejemplo para todos los hacendados de la región, varias de estas haciendas se ubicaron en los territorios del poniente del actual estado de Aguascalientes, el cual en su momento formaba parte de Zacatecas, bajo la administración de la Real Audiencia de Guadalajara, de estas haciendas una de las más importantes fue la Hacienda de Cieneguilla ubicada actualmente al sur poniente del estado.

El puente formó parte de una red esencial de caminos que permitió el tránsito de mercancías perecederas desde las haciendas productivas agrícolas y ganaderas de la Compañía dedicadas al mantenimiento



Figura 10
Extensión aproximada de la hacienda de Cieneguilla en 1776 con los principales sitios mencionados en las escrituras dejadas por los jesuitas tras su expulsión, el punto que representa la ubicación del puente San Ignacio está ubicado dentro del antiguo camino real que unía las ciudades de Guadalajara y Zacatecas (María y Negro 2000)

económico de la labor educativa y evangelizadora de los Colegios Jesuitas en las ciudades mineras del norte de la Nueva España especialmente en la provincia de Nueva Galicia. La fecha de inicio de su construcción no resulta clara sin embargo hay ciertos indicios que permiten fechar el puente dentro de un rango bastante aproximado.

> Con frecuencia, en tiempo de aguas, quedaba la villa incomunicada porque las crecientes del río San Pedro impedían su tránsito, como en el año 1753 en que las aguas no dieron vado en 43 días. (Gutiérrez 1999)

Esto indica que el fin de la construcción debió haber sido posterior a esta fecha, además existen evidencias físicas de la fecha en que los arcos fueron cerrados, estas evidencias son letreros grabados a mano sobre el estuco de cal fresco, estos grabados solo se encuentran en dos de los arcos del puente, es posible detectar evidencias de que cuatro de estos arcos de la primera etapa constructiva los tenían, pero dos han sido muy dañados y su lectura resulta muy complicada. En el grabado más conservado es posible leer «Se serro esta Bobbeda el dia 6 de Julio de 1747 a Juebes [sic]», en la segunda solo es posible observar «se cerro esta bobeda el dia 12 de … [sic]» a partir de esto es posible afirmar que el inicio de la construcción se dio antes de 1747 cuando fueron cerrados los arcos, sin embargo no existe una fecha específica del inicio de los trabajos.

Existe mucha controversia respecto a la fecha de culminación o inauguración de la primera etapa constructiva, diversos autores han propuesto esta fecha:

> … su inauguración formal se retrasó hasta marzo de 1798. Para tal efecto tuvo lugar un suceso donde participó el obispo de la Nueva Galicia, que vino desde Guadalajara y quien había contribuido con 442 pesos para la construcción del puente. Además, estuvieron el alcalde de la entonces villa de Nuestra Señora de la Asunción de las Aguascalientes, el párroco de esa misma localidad, así como el gobernador de la Nueva Galicia… (Boils 2009)
>
> La inauguración del puente: A juzgar por la información que de ello se tiene, fue todo un acontecimiento, aquel 16 de marzo de 1798. Llegaron el Obispo de la Nueva Galicia Guadalajara) el ilustrísimo señor don Francisco de San Buenaventura Martínez de Texada, que ayudó con 442 pesos para la fabricación del puente; el Alcalde Mayor de la Villa de Nuestra Señora de la Asun-





Figura 11
Grabados en el aplanado de los arcos 8 y 9, los cuales pueden ser considerados como parte de la primera etapa constructiva del puente. (Fotografía del Autor)

> ción de las Aguas Calientes, el señor Don Agustín de Muñan y el Cura de la misma, Doctor don Manuel Colón de Larreategui. En aquel tiempo era gobernador de Nueva Galicia el señor Joseph Bazarte... (Lozano 2014)

Estas fechas están basadas principalmente en la más conservada de las carteletas del puente, las cuales pueden ser consideradas como elementos originales de la primera etapa constructiva del puente. Esta carteleta fue desprendida de su pilastra probablemente en un incidente vial, y actualmente se conserva en el Colegio de Arquitectos de la Ciudad de Aguascalientes.

Esta carteleta ha sido el origen de la fecha de 1798 como la de inauguración, sin embargo, algunos elementos presentes en las tres carteletas subsistentes hacen dudar de dicha datación, para ello se realizó un análisis de dos de las carteletas que aún sobreviven instaladas en una de las pilastras del puente San Ignacio.

En las otras dos carteletas resulta mucho más complicado leer las inscripciones, debido a una pátina y suciedad acumulada en las mismas, para poder hacerlas más legibles se tomaron fotografías en negativo, obteniendo mejores resultados en su interpretación.



Figura 12
Carteleta A del puente San Ignacio Ubicada en el Colegio de Arquitectos de Aguascalientes. (Fotografía del Autor)



Figura 13
Fotografías en negativo de la carteleta B que permanecen instaladas en la pilastra del puente San Ignacio. (Fotografía del Autor)

Existen evidencias de que los principales promotores originales del puente fueron Juan Gómez de Parada y Manuel Colón de Larreategui:

> … se construyó a impulsos y piedad del Ilmo. Sr. D. Juan Gómez de Parada Valdez y oficios del cura…, el que comenzó en el año de 1743; en cada uno de los años siguientes se fabricó hasta donde alcanzaban las facultades (Gutiérrez 1999)

Sin embargo, en las carteletas del puente pueden apreciarse cuatro nombres de promotores del puente:

A. José de Bazarte y Lorenzana: Nació el 8 de enero 1712 en Mendigorría, Navarra, el cual fue nombrado Gobernador de Nueva Galicia [1751–1761], Capitán General de Nueva Galicia [1751–1761] y Presidente Electo de la Real Audiencia de Guadalajara y falleció el 19 de mayo 1771 en México, a la edad de 59 años (GENEANET 2017).
B. José Francisco Martínez de Tejada y Díez de Velasco: Nació el 18 de mayo de 1686 en Sevilla, España. Instalado como obispo de Guadalajara el 24 de febrero de 1753 y falleció el 20 de diciembre de 1760. (Catholic Hierarchy 2017).
C. Manuel Colón de Larreategui: el cual fue párroco de 1733 a 1758. Le toco recibir, en visita pastoral a dos obispos; Juan Gómez de Parada en mayo de 1741 y Francisco de San Buenaventura Martínez de Tejada en noviembre de 1754. En su tiempo se realizó la dedicación de la nueva iglesia de la Hacienda de Cieneguilla, que sustituyó a la antigua construida por los Jesuitas. Murió en 1775 a los 75 años de edad (Gutiérrez 1999)
D. Don Agustín de Muñan Alcalde Mayor de la Villa de Nuestra Señora de la Asunción de las Aguas Calientes.

Los datos mostrados anteriormente permiten observar varias cuestiones fundamentales, por un lado los gestores iniciales del puente debieron ser Juan Gómez de Parada y Manuel Colón de Larreategui, iniciando los trabajos en alguna fecha entre 1735 y 1747, sin embargo la muerte del primero en 1751, pudo haber detenido o retrasado los trabajos hasta la instalación del nuevo obispo José Francisco Martínez de Tejada en 1753, es muy probable que éste haya sido uno de los temas tratados en la visita pastoral de 1754, puesto que el obispo aportó 442 pesos para su fabricación [de acuerdo con la carteleta preservada en el colegio de arquitectos]. Por lo que es probable que los trabajos para finalizar la construcción del puente se hayan reiniciado después de este año.

Manuel Colón de Larreategui sostuvo relaciones afables con la comunidad Jesuita encargada de la administración de la Hacienda de Cieneguilla, por lo que es posible que el párroco haya intercedido ante el obispo, respecto de las necesidades de la comunidad religiosa. El puente San Ignacio tiene el nombre del fundador de la orden Jesuita, San Ignacio de Loyola. Y se encuentra muy cerca de la hacienda Nueva de Morcinique, que en esa época pertenecía a los Jesuitas.

La única fecha en la que al menos tres de los personajes mencionados en las carteletas del puente coinciden es el 16 de marzo de 1758, lo que correspondería con la carteleta anteriormente mencionada puesto que el símbolo que anteriormente se ha interpretado como un nueve bien podría tratarse de un cinco, dando lugar a la congruencia histórica con los promotores de los trabajos, puesto que en esta fecha tanto José de Bazarte y Lorenzana, José Francisco Martínez de Tejada y Manuel Colón de Larreategui,

se encontraban en funciones, lo cual debió ser el motivo para incluirlos en las carteletas, puesto que si la mención al obispo Juan Gómez de Parada Valdez, se omitió por su fallecimiento aun siendo este uno de los promotores iniciales, resulta poco probable que los sucesores de dichos personajes hubieran optado por mencionar a sus predecesores. Entonces es posible afirmar con una buena certeza que la fecha de inauguración grabada en los arcos del puente es 1758, cuarenta años antes de lo mencionado por diversas fuentes.

Sin embargo, a pesar de la inauguración del puente, a éste aún le faltaban diversos detalles constructivos para estar completo, al ser premiado Manuel Colón de Larreategui con una canonjía, dejando Aguascalientes el 26 de mayo de 1758:

> Al dejar la parroquia, faltaban a esta obra, pasamanos y empedrado, que no se han hecho por falta de dinero (Gutiérrez 1999).

Colapso y reedificación tras la expulsión de la Compañía de Jesús

En 1759 un evento meteorológico destruyó la mayor parte del puente San Ignacio, como Boils lo explica:

> Prácticamente estaba listo en 1759, y sólo restaba levantar los pretiles y el empedrado de la vía, cuando el 29 de septiembre de ese año lo derribó una creciente del río San Pedro, sobre el que se levanta la estructura. Se comenzó a reconstruir al año siguiente, pero con la expulsión de los jesuitas en 1767 quedó suspendida la obra, reiniciándose hasta 1780… (Boils 2009)

Le expulsión de los Jesuitas del reino de España y sus colonias se dio en 1767 cerrándose los colegios que estos atendían, y pasando todas sus posesiones al llamado fondo de temporalidades (Gómez 2012), el cual había sido creado con la finalidad de administrar las numerosas posesiones de los Jesuitas tras su expulsión. Los trabajos no pudieron ser reiniciados debido a que los bienes de los Jesuitas no tuvieron dueño hasta el remate de los mismos.

> Debido a la natural lentitud de los procedimientos administrativos, pero sobre todo al gran tamaño de los intereses que dejaron los jesuitas no fue sino hasta mayo de 1780 que se verificó un remate… (Gómez 2012)

Tras el remate de los bienes de los Jesuitas, Pedro Romero de Terreros Conde de Regla, se quedó con las haciendas del Colegio de Zacatecas (Gómez 2012), sus herederos debido a la imposibilidad de realizar los pagos exigidos por la junta de temporalidades, venderían las haciendas a Diego Rul yerno del conde de la Valenciana en 1799 (María 2005), por lo que la reconstrucción debió ocurrir durante este periodo. Si bien el Conde de Rul tenía la intención de aplicar mejoras a las haciendas para intensificar su explotación, el estallido de la guerra de Independencia evitaría sus planes.

Conclusiones

La compañía de Jesús fue un ente preponderante en el desarrollo de las labores de evangelización y alfabetización durante los siglos XVII y XVIII en la Nueva España, lo que ocasiono que esta orden religiosa tomara bajo su control grandes extensiones de tierra como una forma de mantener la labor pastoral y educativa de sus colegios, los cuales en muchos casos resultaban la principal fuente de instrucción en las regiones en que se asentaron las misiones jesuitas. Las grandes ciudades mineras del norte de México como Zacatecas y Guanajuato prosperaron gracias a la extracción de minerales, a raíz de lo cual los Jesuitas se asentaron en la zona fundando colegios.

Las haciendas Jesuitas fueron algunas de las haciendas más prosperas de México en este periodo, lo anterior debido principalmente a la férrea administración que estos realizabas de las mismas, valiéndose de individuos expertos para el mejoramiento de los rendimientos de sus áreas productivas. El existo de estas haciendas origino una constante necesidad de desarrollar infraestructura que permitiera aumenta más aun la producción y poderla distribuir de una mejor manera, de esta necesidad surgió la construcción de grandes obras de infraestructura como el puente San Ignacio.

El puente San Ignacio si bien servía principalmente a las haciendas jesuitas en su búsqueda de trasladar su producción agropecuaria hacia las ciudades mineras del norte de México, también formaba parte de una red secundaria de caminos que alimentaba el troncal principal del Camino Real de Tierra Adentro, prueba de lo anterior es que su construcción no dependió de la compañía exclusivamente si no que se

hizo uso de recursos públicos de la ciudad y la parroquia, dados los múltiples beneficios que el tener un puente de tal envergadura traía a un poblado pequeño como lo era la villa de Aguascalientes en ese momento.

La expulsión de los jesuitas sin un plan real para sustituir de manera inmediata las funciones sociales, educativas y pastorales que estos desarrollaban, ocasionó un vacío que genero atraso en el desarrollo de dichas labores, así como también en la conclusión de las obras y proyectos de infraestructura planteados por esta orden para la consolidación de sus proyectos productivos y sociales. Esta inestabilidad perduraría más de diez años hasta el remate de los bienes los cuales en muchos de los casos quedaron en manos del personal secular que ayudaba a los jesuitas en la administración de sus bienes y propiedades antes de la expulsión, formándose una elite cada vez más acaudalada y con latifundios más grandes pero que en la mayoría de los casos no aplicaron esfuerzos en proyectos de mejora social y educativa como si lo hacían los jesuitas.

Estos hacendados que se hicieron con los despojos de la compañía intentaron aplicar los sistemas de administración y producción usados por la compañía, pero en muchos casos sus esfuerzos se vieron limitados por la inestabilidad social y económica que atravesó el país, la guerra de independencia, la guerra con estados unidos, la guerra de reforma, la invasión francesa y los constantes levantamientos armados, frenaron el desarrollo de los métodos de producción hasta la era porfiriana, en donde gracias a la llamada «paz porfiriana» se dio un desarrollo industrial a la par que sucedía en el resto del mundo, por lo que no es de extrañar que la segunda intervención al puente sucedió en esta época de la mano de la industrialización y las crecientes necesidades de infraestructura para sostener los procesos productivos acelerados surgidos de esta época.

La presencia de iconografía sacra en la primera etapa constructiva del puente nos brinda una idea clara de que los principales promotores del puente fueron de origen religioso, probablemente los jesuitas con intercesión de párroco de la villa. Así mismo el cambio de esta iconografía durante la primera reconstrucción del puente tras su colapso parcial pueden ser interpretados como parte de un cambio que buscaba reducir o limitar el poder religioso sustituyéndolo con el poder económico de los grandes hacendados que surgieron de este cambio en la balanza del poder generado tras la expulsión de los jesuitas.

En el caso del puente San Ignacio, diversos investigadores fallaron en la datación de su terminación debido principalmente a la mala interpretación de la carteleta del colegio de arquitectos, un símbolo mal interpretado puede llevar a errores de este tipo, sin embargo el contrastar fuentes de diversa índole y no conformarse con los datos más obvios, aunque estos sean aparentemente sólidos, siempre brindara una mayor certeza a los procesos de documentación.

Lista de Referencias

Boils M., G. (2009). *Los puentes de la Independencia. Boletín de Monumentos Históricos*, 155–167.

Catholic Hierarchy. (26 de abril de 2017). Catholic Hierarchy. Obtenido de http://www.catholic-hierarchy.org/bishop/bmartdv.html

GENEANET. (26 de abril de 2017). GENEANET. Obtenido de http://gw.geneanet.org/asguille?lang=es&p=joseph&n=basarte+borau

Gómez S., J. (2012). *Haciendas y Ranchos de Aguascalientes.* Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Gutiérrez G., J. A. (1999*). Historia de la Iglesia Católica en Aguascalientes*. *Vol. 1 Parroquia de la Asunción de Aguascalientes*. Aguascalientes, México.: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Lozano Díaz de León, M. (14 de enero de 2014). Sexenio Aguascalientes. Obtenido de http://m.sexenio.com.mx/aguascalientes/columna.php?id=6823

María M., M. y Negro, S., (2000). *Un reino en la frontera: Las misiones jesuitas en la América Colonial.* Quito-Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Perú.

María Marzal, M. (2005). *Esclavitud, economía y evangelización: las haciendas Jesuitas en la América Virreinal.* Perú: Universidad Católica de Perú.

Recéndez Guerrero, E. (2015). La Compañía de Jesús en Zacatecas: documentos para su estudio. Zacatecas, Mexico: Universidad Autónoma de Zacatecas.

Implantación y desarrollo de las fachadas de doble piel en España, 1970-1989

Gonzalo Souto-Blázquez
Vittoria Bianco

Las fachadas de doble piel son soluciones de cerramiento vertical constituidas por dos hojas acristaladas separadas por una cámara de aire ventilada o estanca que suele tener más de 20 cm de ancho. Generalmente, cada hoja tiene su propia subestructura de soporte, aunque ambas pueden estar conectadas entre sí. En muchos casos, la piel interior tiene la morfología típica de una fachada ligera convencional a la que se antepone otra piel de vidrio que actúa como pantalla protectora.

Según las condiciones de ventilación de la cámara, es posible reconocer distintos tipos de fachadas de doble piel (Loncour et al. 2004; Poirazis 2004). Así, en función de que las corrientes de ventilación y el posible acondicionamiento del aire de la cámara se produzcan por medios naturales o mecánicos, distinguiremos entre fachadas pasivas y activas, respectivamente. A su vez, estos tipos pueden tener o no persianas regulables y/o aberturas practicables que dan lugar a fachadas dinámicas capaces de adaptarse a condiciones ambientales variables.

En comparación con las fachadas ligeras sencillas, las fachadas de doble piel pueden mejorar el comportamiento termo-acústico del cerramiento y permiten la ventilación natural en edificios en altura. Como contrapartida, ocasionan mayores costes de diseño, de ejecución, de limpieza y de mantenimiento, e implican un menor aprovechamiento de la superficie útil debido a su gran espesor.

En este trabajo se analiza el desarrollo inicial de este tipo constructivo en España, evaluando el contexto en el que se produjo, teniendo en cuenta sus antecedentes históricos internacionales y poniendo el foco en las motivaciones de su empleo, en sus aspectos tecnológicos y en sus prestaciones. Para ello, además de consultar fuentes bibliográficas, los autores han visitado los edificios seleccionados, han analizado sus proyectos originales y han establecido contacto con sus arquitectos, constructores, promotores y propietarios.

Antecedentes históricos

Las fachadas de doble piel empezaron a plantearse desde principios del siglo XX para superar las deficiencias de comportamiento térmico de las fachadas acristaladas sencillas. El antecedente más lejano identificado es el bloque Este de la Fábrica de juguetes Margarete Steiff en Giengen, Alemania, diseñado por Richard Steiff en 1903. Aunque esta obra pasó inadvertida para sus contemporáneos, su envolvente se puede considerar como la primera fachada de doble piel de la historia, y al tiempo, como el primer muro cortina de vidrio (Wittek 1991; Reiff 1992; Albrecht 1998; Meyer 2003; Fissabre y Niethammer 2009; Fernández-Solla 2011; entre otros).

En la década de 1920 se construyeron en Rusia varios edificios con fachadas de doble piel, entre los que cabe citar el Club de trabajadores Zuev –Ilya Golosov, 1926-1928– o el anexo al Bloque de viviendas Narkomfin –Moisei Ginzburg, 1928-1930–, am-

bos en Moscú (León [1999?]; Fernández-Solla 2012). A finales de esa década, Le Corbusier planteó un modelo teórico de cerramiento de doble piel al que llamó *mur neutralisant*, que disponía de una cámara estanca por la que se haría circular aire tratado para crear una barrera térmica que limitase los flujos de calor a su través (Le Corbusier [1929] 1999). Aunque intentó llevar a cabo su propuesta en el Centrosoyuz de Moscú (1928-1933) y en la Cité de Refuge de París (1929-1933), en ambas obras se introdujeron modificaciones que desvirtuaron el concepto original y derivaron en un comportamiento térmico deficiente. Posteriormente, las empresas Saint Gobain y American Blower Co. analizaron el comportamiento del muro neutralizante mediante ensayos y cálculos, y ambas concluyeron que su funcionamiento requeriría un enorme consumo energético (Ábalos y Herreros 1995; entre otros).

En décadas posteriores, este tipo constructivo se fue extendiendo por varias zonas geográficas, aunque su uso continuó siendo bastante minoritario. Entre otros ejemplos anteriores a 1970, cabría citar la St. George's School de Wallasey –Emslie Morgan, 1961– o la biblioteca de la Facultad de Historia de Cambridge –James Stirling, 1964–1968–.

Contexto socioeconómico y tecnológico nacional

El desarrollo en España de las fachadas de doble piel no comenzó hasta la década de 1970, periodo en el que se produjeron cambios políticos y económicos de gran repercusión sobre el sector de la edificación. En el ámbito arquitectónico se consolidó la apertura de España a las corrientes internacionales, lo que concedió gran protagonismo a las fachadas ligeras. No obstante, el estallido de las crisis del petróleo de 1974 y 1979 puso en evidencia la necesidad de limitar el consumo energético de los edificios y favoreció el establecimiento de un nuevo marco normativo que provocó cambios significativos en las formas de construir.

Al amparo del Decreto 3565/1972 y del Real Decreto 1650/1977 se desarrollaron, respectivamente, las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) y las Normas Básicas de la Edificación (NBE). Entre ellas, la que tuvo mayor incidencia en el diseño de las fachadas fue la NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios, en la que se establecieron –por primera vez en España– unos valores máximos de transmisión térmica a través de los cerramientos. En el caso de las fachadas ligeras, cabe destacar la NTE-FPC-1975 sobre Fachadas prefabricadas: Muros cortina, por más que su texto no incluya referencia alguna a las fachadas de doble piel –lo que, por otra parte, tampoco se contemplaba en las principales publicaciones técnicas de la época–.

La idea construida. Obras arquitectónicas

Al igual que en otros países, las primeras fachadas de doble piel en España se desarrollaron con la intención de mejorar el comportamiento térmico de los cerramientos acristalados sencillos. Éstos proporcionaban una imagen moderna y permitían obtener interiores diáfanos y luminosos, pero provocaban importantes pérdidas caloríficas en invierno y excesivas ganancias energéticas en verano. Aunque el desarrollo de los dobles acristalamientos aislantes y de los vidrios absorbentes y reflectantes había permitido reducir el consumo de energía necesario para acondicionar los espacios habitables, éste seguía siendo excesivo. Por ello, algunos arquitectos trataron de encontrar una solución para mejorar la eficiencia energética de las envolventes acristaladas sin tener que sacrificar sus propiedades estéticas ni su permeabilidad visual y lumínica.

Los edificios que se analizan a continuación son representativos del proceso de desarrollo al que nos referimos. Sus cerramientos se resolvieron con fachadas pasivas de doble piel cuyas hojas exteriores se construyeron con vidrios coloreados o reflectantes que sirven simultáneamente como barrera acústica y como pantalla de protección solar, reflejando parte de la energía solar incidente y absorbiendo otra parte, que se disipa gracias a la ventilación de las cámaras. Éstas son continuas en toda su altura y están abiertas en su base y coronación para favorecer la formación de corrientes de convección natural. Los vidrios de las hojas exteriores tienen juntas abiertas que favorecen la circulación del aire de la cámara, permiten los movimientos térmicos y hacen posible prescindir de cordones de sellado antiestéticos y de limitada durabilidad.

Estos sistemas fueron planteados de forma intuitiva, apoyándose en los fundamentos físicos que rigen el

comportamiento de las envolventes arquitectónicas, pero sin realizar estudios o ensayos para evaluar con precisión sus prestaciones térmicas; no obstante, en algunos casos sí se realizaron ensayos mecánicos para comprobar la seguridad de las soluciones propuestas.

Todas las obras consideradas son edificios de oficinas o grandes sedes corporativas, para cuya ejecución se disponía de un presupuesto capaz de asumir el sobrecoste derivado de la 'duplicación' del cerramiento; de esta forma, el factor económico era secundario respecto de la intención de obtener una solución eficiente y una imagen altamente tecnológica que se transfiriese a las propias empresas que se emplazaban en los edificios. Todos ellos se ubican en zonas comerciales y financieras de máxima importancia, como el ensanche de Abando en Bilbao y los céntricos distritos de Chamberí y Salamanca en Madrid.

Edificio Miguel Ángel 11. Madrid

Proyecto: 1972. Construcción: 1976. Situación: c/ Miguel Ángel 11, Madrid. Arquitecto: Federico Echevarría Sainz (1944–). Promotor: Alfredo González Díez / Mutua Madrileña. Constructor de la fachada: Folcrá SA.

Esta obra temprana del arquitecto Federico Echevarría es especialmente relevante, porque probablemente sea la primera inaugurada en España con fachadas de doble piel, y porque fue proyectada antes del estallido de la primera crisis del petróleo. Por ello, debemos reconocerle tanto su naturaleza innovadora como su carácter precursor.

El edificio tiene dos fachadas a vía pública orientadas a Este y Sur, y una tercera que da a un pequeño callejón, con orientación Oeste. Todas están resueltas con la misma solución constructiva de cerramiento vertical, que creó un efecto de 'caja de cristal' facetada (figura 1).

La solución planteada inicialmente consistía en una fachada activa de doble piel cuya cámara estaría conectada a un sistema mecánico de tratamiento de aire. Según relata el propio Echevarría (2016):

> La única idea de partida era: ¿¡como se ahorra energía!?
>
> Entonces pensé que el edificio podía ser como un termo, en cuyo interior el agua se mantiene fría o caliente gracias a sus paredes... Y pensé: '¡Vamos a hacer esto! Me gusta experimentar'.



Figura 1
Edificio Miguel Ángel 11. Vista parcial de la fachada Este. Foto de V. Bianco (2016).

> De aquí partió la idea de la doble piel. Si enfrías o calientas el aire que se produce en la cámara, no permites que traspase nada hacia el interior del edificio, con lo cual, sólo tendrás que combatir la producción de calor de las personas, ordenadores, iluminación, etc. La idea, en definitiva, era introducir aire tratado en la fachada. Me parecía evidente que iba a funcionar, ¡tenía que funcionar!

De estas palabras se deduce que esta solución tenía unos fundamentos más intuitivos que científicos. Cuando la planteó, Echevarría desconocía la existencia de otros precedentes análogos, por lo que no pudo tomar en consideración la experiencia fallida del *mur neutralisant*, de evidentes concomitancias con ella. En cualquier caso, su propuesta no se llevó a cabo por el sobrecoste que implicaba, y porque el promotor no quiso asumir el riesgo de construir un sistema cuyo rendimiento se desconocía (Echevarría 2017).

Lo que finalmente se construyó fue una fachada pasiva de doble piel de tipo dinámico, constituida por una hoja interior acristalada con estructura de mon-

tantes metálicos y por una hoja exterior de vidrios coloreados en masa *Parsol Verde.* Estos últimos se abotonaron a unos montantes ocultos para crear un efecto de «vidrio en el aire» (Echevarría 2016), que permite percibir la superficie exterior de la fachada como un plano terso, sin carpintería evidente. Ante la carencia de precedentes tecnológicos para construir la piel exterior, fue necesario ensayar su comportamiento mecánico en una fábrica belga de vidrio que disponía de un túnel de viento (Echevarría 2016).

Los paramentos de la piel interior son verticales, mientras que los vidrios de la piel exterior se dispusieron con cierta inclinación, dando lugar a una cámara de aire de anchura variable. Esta configuración genera un plano quebrado con el que se pretendía desviar y fragmentar las ondas sonoras para así reducir el nivel de presión sonora en el interior (Echevarría 2016).

No se dispusieron módulos practicables, a excepción de unas aberturas para acceso a unas pasarelas de mantenimiento alojadas en el interior de la cámara –a nivel de cada planta– y construidas con rejillas electrosoldadas de acero galvanizado para no interrumpir los flujos de aire. La cámara está conectada con el exterior por unas aberturas permanentes dispuestas en su parte inferior (figura 2), y por otras regulables situadas a la altura del peto de cubierta. Las fachadas han envejecido satisfactoriamente, y hasta el momento no han precisado ser reformadas o restauradas (Echevarría 2016).

A pesar de que esta obra ha sido ignorada por los medios escritos especializados,[1] sus fachadas fueron imitadas en diversas ocasiones. Según relata Echevarría (2017), «en Madrid hay al menos tres edificios con fachadas idénticas… Uno de ellos es un edificio de oficinas situado en la Calle Gobelas [13]; lo proyectó el arquitecto Luis García Palencia, un amigo mío al que yo le había explicado cómo funcionaba la fachada. Existe otra copia en la zona de Las Ventas… y me hablaron al menos de otra más, pero ya ni quise saber donde estaba».

Figura 2
Edificio Miguel Ángel 11. Arranque inferior de la fachada de doble piel. Foto de G. Souto-Blázquez (2012).

Edificio Bankunión. Bilbao

Proyecto: 1974. Construcción: 1975-1977. Situación: Plaza circular 4, Bilbao. Arquitectos: Ricardo del Campo Lagarón (1939–), Juan Manuel Pazos León (1947–), José Luis Ortega Carnicero (1941-2017) y Mariano Ortega Carnicero (1947–). Arquitectos técnicos: José Luis Miguel, José Luis Blanco y José María Garros. Promotor: Bankunión. Contratista: Edificios y Obras SA. Constructor de la fachada: Folcrá SA.

Según Paricio (2010) y Estañol (2015), este edificio fue el primero que se construyó en España con fachadas de doble piel con cámara ventilada. Aunque acabamos de atribuir ese mérito al Edificio Miguel Ángel 11, podemos coincidir con los citados especialistas en que se trata de una obra muy adelantada a su tiempo, ya que ambas son prácticamente contemporáneas.

La obra fue adjudicada mediante concurso restringido a un grupo de arquitectos con experiencia en proyectos de envergadura –como la Universidad Autónoma de Bilbao–, que propusieron una solución de cerramiento para la que carecían de experiencias previas, si bien la adoptaron por considerar que su carácter innovador habría de ser bien valorado en el concurso (Campo 2017).

La envolvente del edificio se concibe como un gran espejo en el que se refleja el entorno circundante, lo que le proporciona una naturaleza mimética y un aspecto cambiante según el punto de observación (figura 3). Las tres fachadas exteriores, orientadas a Noreste, Sureste y Suroeste, se resolvieron con una misma solución de muro cortina al que se antepone una piel de vidrio que genera una cámara de aire ventilada de 35 cm de anchura completamente abierta en base y coronación (Campo et al. 1974) (figura 4). La piel interior es una fachada ligera convencional formada por elementos opacos y módulos de ventanas abatibles con dobles acristalamientos aislantes; la piel exterior está formada por vidrios laminados *Lamiglas Reflexit* constituidos por dos lunas de 6+6 mm con interposición de una película metálica reflectante (Retailliau 1982; Campo 2017). Estos últimos forman bandas alternas de vidrios rectangulares y cuadrados que se corresponden, respectivamente, con los antepechos y las ventanas de la piel interior.



Figura 3
Edificio Bankunión. Vista de las fachadas Sureste y Suroeste. Foto de CP Arquitectos (2015). Cortesía de R. del Campo.

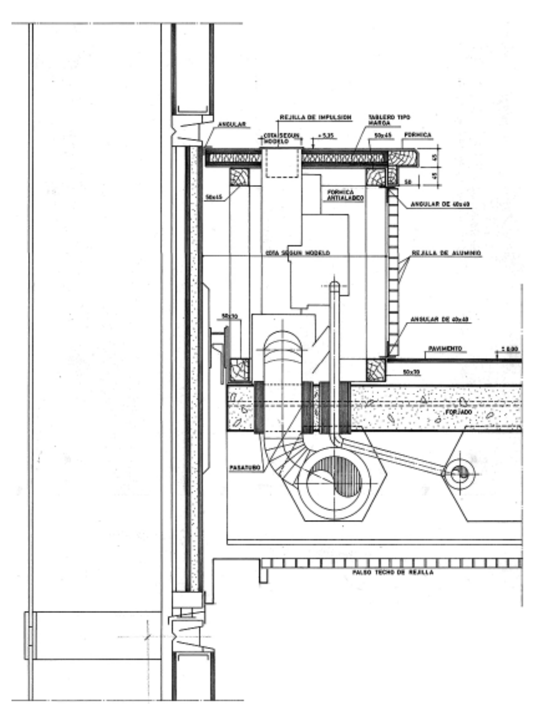


Figura 4
Edificio Bankunión. Sección vertical por fachada. Fragmento de plano de proyecto (Campo et al. 1974).

Los vidrios de la piel exterior se fijaron mediante un sistema de brazos en voladizo atornillados a los montantes de la hoja interior; en sus extremos se dispusieron unos anclajes puntuales compuestos por pletinas que actúan como mordazas de presión para sujeción de los vidrios, de forma que no fue necesario perforarlos, y en consecuencia, tampoco hubo que templarlos (Paricio 2010). Esta subestructura está íntegramente ejecutada en acero inoxidable y es imperceptible desde el exterior, lo que proporciona un aspecto limpio y terso a la superficie de las fachadas.

Para la limpieza de la hoja exterior se dispuso una góndola suspendida con carril en vuelo; sin embargo, según testimonio del arquitecto Ricardo del Campo (2017), «la falta de mantenimiento ha inutilizado el sistema… y el aspecto actual de la fachada deja mucho que desear». Según el mismo arquitecto, «la fachada ha cumplido su función, aunque la protección solar al sur, en días de verano, no es total y se hace necesario reforzarla con cortinillas interiores».

A pesar de su importancia, esta obra apenas tuvo repercusión en publicaciones especializadas.[2] No obstante, sus fachadas de doble piel despertaron el interés de otros colegas arquitectos; según relata Del Campo (2017), «fuimos conscientes de la trascendencia de esta solución constructiva, ya que la obra la visitaron posteriormente arquitectos de prestigio que estaban interesados en su funcionamiento y resultado formal. Atendimos la visita de Sáenz de Oiza para el BBVA de La Castellana y de Ricardo Bofill para el aeropuerto de Barcelona».

Edificio Castelar, Madrid

Proyecto: 1972. Construcción: 1974-1986. Situación: Paseo de la Castellana 50, Madrid. Arquitectos: Rafael de La-Hoz Arderius (1924-2000), Gerardo Olivares James (1930–), Rafael de La-Hoz Castanys (1955–). Arquitectos técnicos: Manuel Moncayo Sanz, Fernando Pahissa. Promotor: Banco Coca. Contratista: Agroman. Constructor de la fachada: La Veneciana SA y Victoriano Villar SA (vidrios) / Mose (acero inoxidable y cerrajería).

En este emblemático edificio, proyectado por el estudio de Rafael de La-Hoz (Premio Nacional de Arquitectura 1956), las fachadas de doble piel alcanzaron elevadas cotas de refinamiento estético y constructivo, pues se resolvieron con un sistema tan audaz como exquisito, que además destaca por su precocidad. En efecto, la obra fue proyectada el mismo año que el Edificio Miguel Ángel 11 y antes que el Edificio Bankunión de Bilbao, aunque su ejecución se terminó años después debido a las dificultades económicas por las que atravesó su promotor –que provocaron que cambiase de propietario cuando estaba a medio construir (Fiorelli 1989; Gosálvez 2009)–.

El edificio se organiza en tres partes bien diferenciadas: un cuerpo enterrado, un cuerpo inferior o 'basamento' y una torre exenta –estructuralmente muy singular– que vuela sobre éste. La torre está envuelta en un 'halo' de vidrio que genera una sensación de inmaterialidad al tiempo que oculta cualquier elemento de referencia que permita establecer una escala en la mente del observador. Así, la torre se convierte en una pieza ingrávida, etérea y abstracta (figura 5).

Las fachadas de la torre se resolvieron con dos pieles de vidrio separadas por una cámara ventilada



Figura 5
Edificio Castelar. Vista del volumen de la torre en voladizo sobre el cuerpo inferior. Foto de G. Souto-Blázquez (2009).

de 81,5 cm de ancho que está totalmente abierta en su base y coronación. La piel interior está formada por un muro cortina diseñado *ad hoc* con perfiles de acero y con dobles acristalamientos aislantes de 6+6+6–12–10 mm de espesor, despiezados en paños de 200x320 cm; dichos acristalamientos están formados por un triple vidrio laminado exterior –con dos vidrios coloreados *Pink-Rosa* más otro reflectante *Antelio*– y por un vidrio incoloro templado colocado hacia el interior. A su vez, el 'halo' exterior está formado por lunas incoloras templadas y mateadas al ácido por su cara exterior, de 12 mm de espesor y 600x74 cm de superficie, dispuestas con juntas horizontales abiertas de 62,5 mm de anchura.

Para fijar el 'halo' sin comprometer el efecto de transparencia, en lugar de recurrir a una subestructura metálica, se diseñó una solución innovadora con costillas de vidrio laminado de 12+12 mm de espesor y 80x320 cm de superficie, compuestas por dos lunas templadas incoloras enmarcadas con perfiles de ace-

ro inoxidable. Las costillas se fijaron a los tirantes estructurales de los que cuelgan los forjados, y se separaron 200 cm entre sí, de forma que cada uno de los módulos del 'halo' se sustenta por cuatro costillas, excepto en los paños de esquina, que están sustentados por tres. Esta configuración genera unos módulos de vidrio que vuelan 200 cm hasta encontrarse con los de la fachada ortogonal, formando una junta articulada de diseño específico (figura 6).

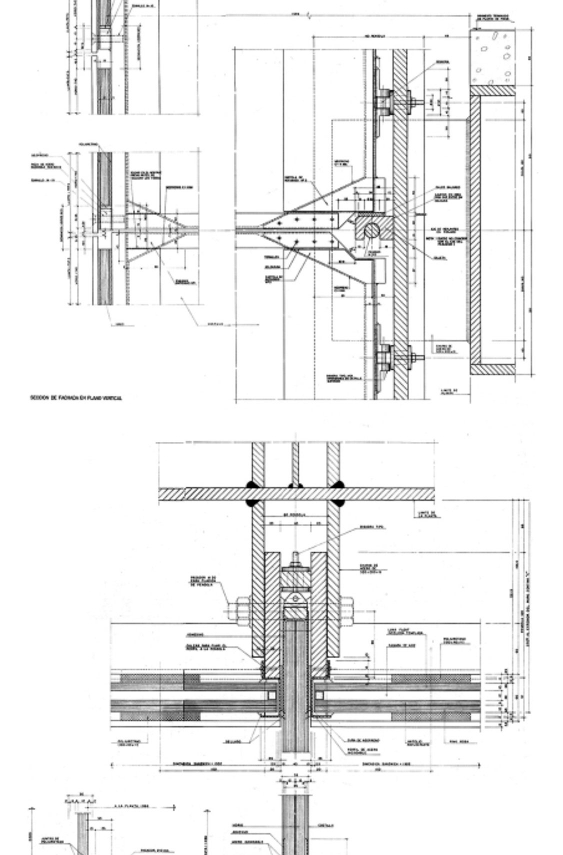


Figura 6
Edificio Castelar. Detalles constructivos de la fachada de la torre, en sección vertical y horizontal («Castelar, edificio singular» 1982).

Esta solución de cerramiento con vidrio estructural fue planteada después de desechar otras alternativas en policarbonato, y su materialización fue el resultado de tres años de investigaciones realizadas por los arquitectos en colaboración con Cristalería Española SA y con las empresas que participaron en la construcción del edificio. Además de numerosos cálculos y estudios, se construyó un módulo a escala real para comprobación del comportamiento mecánico de la fachada, que fue ensayado en los laboratorios centrales del CITAV.

El sistema resultante fue absolutamente novedoso en su momento, y continúa siendo único en nuestros días. Si además de los cerramientos verticales, consideramos también la estructura singular del edificio y las cualidades formales y espaciales que se derivan de la conjunción de ambos, debemos concluir que esta obra es una pieza extraordinaria del patrimonio arquitectónico español, en la que arquitectura y construcción se complementan con absoluta coherencia y en total armonía. Por ello, no es de extrañar que el edificio haya suscitado el interés de diferentes medios escritos nacionales e internacionales, aunque seguramente no en la medida en que lo merecería.[3]

Edificio María de Molina 40, Madrid

Proyecto: 1986. Construcción: 1986-1988. Situación: c/ María de Molina 40, Madrid. Arquitectos: Federico Echevarría Sainz (1944–) y Victoriano Javier Sebastián Nuño (1952–). Arquitectos técnicos: Francisco Checa Galey y Jaime Moscoso. Promotor: Hermanos Revilla SA. Contratista: Construcciones San Martín y Construcciones y contratas.

Esta obra también se debe a Federico Echevarría, autor del Edificio Miguel Ángel 11, y para ella, el arquitecto reivindica el mérito de haber sido el primer edificio español en el que se utilizó silicona estructural como único soporte de los vidrios, utilizando una tecnología importada de Estados Unidos (Echevarría 2016).

El edificio presenta dos fachadas a vía pública orientadas a Norte y Oeste, y otras dos fachadas interiores orientadas a Sur y Este. Todas están resueltas con la misma solución de paños opacos y grandes ventanales, aunque la orientada a Poniente resulta radicalmente diferente a las demás, ya que está protegida con una hoja de vidrio que genera una fachada pasiva de doble piel.

El encuentro en esquina entre las dos fachadas exteriores se resolvió con un tramo curvo que es prolongación de esta fachada de doble piel, y que sirve como nexo entre los dos frentes del edificio, aportándole «una unidad compositiva desde el punto de vista urbano» (Echevarría y Sebastián 1986) (figura 7).

Los arquitectos hubieran deseado que las fachadas fuesen sistemas activos de doble piel, pero según explica Echevarría (1989), «no podían serlo por varias razones… no podíamos producir una cámara del tamaño suficiente. Las ordenanzas no nos permitían sobresalir hacia fuera… [y] la propiedad no quería perder metros cuadrados… porque en esa zona son muy caros».

Las fachadas con paños opacos están moduladas formando retícula de 330 x 330 cm, y constan de bandas opacas de 90 cm de anchura –horizontales y verticales– que ocultan los cantos de los forjados y los pilares de hormigón armado. Estas bandas, revestidas exteriormente con placas de granito gris Extremadura, enmarcan unos huecos cuadrados de 240 x 240 cm cerrados por ventanas fijas de aluminio anodizado con dobles acristalamientos aislantes con lunas *Parsol Verde*. Las ventanas se situaron a haces interiores, retranqueándolas 45 cm respecto del plano de fachada (Echevarría y Sebastián 1986).

La fachada de doble piel está constituida por una hoja interior de ventanas y paños opacos como la que se acaba de describir, a la que se antepuso una piel formada por vidrios *Parsol Verde* separada 40 cm respecto de la anterior, generando así una cámara ventilada (Echevarría y Sebastián 1986). En este caso se dispusieron dobles acristalamientos con lunas incoloras en los ventanales interiores para evitar que la duplicidad de vidrios coloreados limitase en exceso la entrada de luz natural (Echevarría 2017).

La piel exterior está modulada siguiendo la retícula base, y sus vidrios tienen unas dimensiones de 165 x 330 cm, resultantes de dividir a la mitad cada cuadrado. Están fijados con silicona estructural a un entramado de montantes y travesaños metálicos que queda alojado en la cámara, generando así un plano acristalado totalmente continuo (figura 8).



Figura 7
Edificio María de Molina 40. Vista parcial de las fachadas Norte y Oeste. Foto de los autores (2016).



Figura 8
Edificio María de Molina 40. Arranque inferior de la fachada de doble piel. Foto de V. Bianco (2016).

El interior de la cámara es visitable a través de unas pasarelas de rejilla situadas a la altura de cada forjado, a las que se accede desde unas puertas-ventana situadas en la hoja interior de la fachada. Este diseño permite limpiar las superficies de los vidrios que están en contacto con la cámara, pero no evita la necesidad de recurrir a una góndola suspendida para poder limpiar sus superficies exteriores.

Esta obra arquitectónica apenas tuvo impacto en publicaciones especializadas, aún cuando tendría méritos suficientes para ello.[4] En ella no sólo destacan la sencillez y la eficacia de su fachada de doble piel, sino también la armonía con que ésta se relaciona con otro cerramiento de tipo convencional.

Otros edificios

En la década de 1980, Federico Echevarría proyectó un conjunto de tres obras de lenguaje postmoderno situadas en la Glorieta Emilio Castelar, en el Paseo de la Castellana de Madrid: el Edificio Castellana 52 (1982), el Edificio Castellana 43 (1988) y el Edificio Castellana 41, también conocido como Edificio Revilla (1987-1989). En todos ellos se utilizaron soluciones pasivas de doble piel, si bien de forma limitada a unas bandas verticales rematadas con arcos de medio punto. El Edificio Revilla constituye una excepción, puesto que no solamente dispone de unas bandas análogas, sino que la doble piel ocupa además paños completos de cerramiento (Echevarría y Sebastián 1987). No obstante, resulta llamativo que la única fachada en la que esta solución se empleó en toda su superficie sea el alzado Norte, en donde su propia orientación hace innecesario cualquier sistema de protección solar (figura 9).

Desde los puntos de vista formal y tecnológico, estas obras no son tan interesantes como las que se han analizado anteriormente, y por ello, no es de extrañar que no hayan despertado demasiado interés en los medios especializados.[5] En efecto, puede considerarse que su resolución constructiva no planteó novedades significativas y que su estética postmoderna les confirió una imagen actualmente caduca. Sin embargo, podemos valorarlas como dignos ejemplares dentro del reducido grupo de edificios españoles de su época en los que se utilizaron soluciones de doble piel. Además, son representativas de la contribución de Echevarría a la implantación de este tipo constructivo y de su pervivencia en la década de 1980.



Figura 9
Edificio Revilla. Vista de las fachadas Norte y Este. Foto de los autores (2016).

Conclusiones

El desarrollo inicial de las fachadas de doble piel en España se produjo con un considerable retraso respecto de las primeras experiencias internacionales. Fueron planteadas en un contexto de crisis energética con la intención de mejorar el comportamiento termo-acústico de las fachadas acristaladas y, al mismo tiempo, de proporcionar al edificio unas cualidades formales sugerentes. Durante el periodo considerado, la construcción de este tipo de cerramientos fue minoritaria y se vio limitada al ámbito de los edificios de oficinas de prestigio –tendencia que continúa en la actualidad–.

Desde los puntos de vista térmico y acústico, las soluciones de fachada de doble piel que se han analizado fueron planteadas de forma intuitiva, por lo que únicamente se disponía de un conocimiento aproximado acerca de cual iba a ser su comportamiento real. No obstante, alcanzaron un elevado grado de definición constructiva y de calidad estética, lo que

ha permitido que la mayoría de obras consideradas mantenga su vigencia en la actualidad.

Estas soluciones precursoras tienen un gran valor histórico no solamente porque anunciaron el posterior desarrollo de sistemas dinámicos inteligentes, sino también porque marcaron un punto de inflexión en la consideración de la sostenibilidad y la eficiencia energética como factores relevantes para el proyecto de las fachadas ligeras.

Notas

Queremos agradecer la colaboración que nos han brindado Ricardo del Campo, arquitecto; Federico Echevarría, arquitecto; Pere Estañol, ex-director técnico de Folcrá SA; personal de la biblioteca de la Escuela de Arquitectura Técnica de A Coruña y personal de la Sección de Acceso al Documento de la Universidade da Coruña.

1. Que se conozca, no existe ninguna publicación que se refiera al Edificio Miguel Ángel 11, más allá de un artículo que trata de forma general sobre la obra del arquitecto (García-Arévalo 1993).
2. Las únicas publicaciones conocidas en la que se hace referencia a las fachadas del Edificio Bankunión son los libros de Llano (1977), Retailliau (1982) y Paricio (2010).
3. Entre los artículos que describen el Edificio Castelar, destacan los publicados en *Panorámica de la Construcción* (1982), *Trazos* (1986), *Arte y Cemento* (Comes 1989), *L'Arca* (Fiorelli 1989), *Tectónica* (Quintáns 1999) y *Arquitectos* (Pérez-Arroyo 2001). También se incluyen referencias a esta obra en los textos de Araujo y Seco (1994), Broughton y Ashton (1997) y Ceño (1998). Por tanto, no podemos suscribir la afirmación de Quintáns (1999) respecto de que «si buscamos referencias, tan sólo encontraremos dos…».
4. Que sepamos, la única publicación que trata sobre el Edificio María de Molina 40 es un artículo de la revista *BIA* (1989), que está acompañado de sendas entrevistas al arquitecto y al aparejador.
5. Por lo que sabemos, la única referencia publicada sobre el Edificio Revilla es un breve pasaje escrito por Paricio (2010).

Lista de referencias

Ábalos, Iñaki y Juan Herreros. 1995. *Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea*. 2ª ed. Madrid: Nerea.

Albrecht, Peter. 1998. «Fábrica Steiff, 1903 = Steiff factory». *A+T* (11): 4-9.

Araujo, Ramón y Enrique Seco. 1994. *Construir con acero: arquitectura en España*. Oviedo: Ensidesa.

Broughton, Hugh y Melanie Ashton. 1997. *Madrid. Guía de la arquitectura reciente*. London: Ellipsis; Köln: Könemann.

Campo, Ricardo del. 2017. Entrevista por Gonzalo Souto-Blázquez. 15 de mayo.

Campo, Ricardo del; Luis Ortega, José; Ortega, Mariano y Juan Manuel Pazos. 1974. «Proyecto de edificio social para Bankunión. Plaza de España (Bilbao)». Archivo de R. del Campo.

Ceño, Mónica. 1998. «Banco Coca, Madrid 1972». En *Arquitectura Bancaria en España*, 170-173. Madrid: Ministerio de Fomento, Electa.

Comes, Vicente. 1989. «El Edificio Castelar». *Arte y Cemento* (1589): 74-82.

De la Hoz, R.; Olivares James, G. 1982. «Castelar, edificio singular». *Panorámica de la Construcción* (45): 5-18.

Echevarría, Federico. 1989. Entrevista con Federico Echevarría, arquitecto. *BIA* (119): 52-53.

– 2016. Entrevista por Vittoria Bianco. 11 de noviembre.

– 2017. Entrevista por Gonzalo Souto-Blázquez. 13 de mayo.

Echevarría, Federico y Javier Sebastián. 1986. «Proyecto de ejecución de edificio de oficinas, locales comerciales y garaje aparcamiento en la calle Velázquez 128 c/v a María de Molina 40, Madrid». Archivo de F. Echevarría. Trabajo nº 3085.

– 1987. «Modificado de proyecto básico y de ejecución de edificio de oficinas, locales comerciales y garaje aparcamiento en el Paseo de la Castellana 41 c/v a General Martínez Campos 50, Madrid». Archivo de F. Echevarría. Trabajo nº 3185.

– 1986. «Edificio Castelar, Madrid». *Trazos de Arquitectura y Construcción. Serie detalles constructivos* (9): 1-133.

– 1989. «Edificio singular en la esquina de María de Molina con Velázquez, Madrid». *BIA* (119): 41-51.

Estañol, Pere. 2015. Conversación con Gonzalo Souto-Blázquez. 25 de noviembre.

Fernández-Solla, Ignacio. 2011. «The Steiff Factory and the birth of curtain walling». *Façades Confidential* (blog), http://facadesconfidential.blogspot.com.es/2011/11/

– 2012. «Le Corbusier: a French lesson on "Murs neutralisants"». *Façades Confidential* (blog), http://facadesconfidential.blogspot.com.es/2012/04/

Fiorelli, Bruno. 1989. L'edificio appeso = Suspended structure. *L'Arca* (25): 26-31.

Fissabre, Anke y Bernhard Niethammer. 2009. «The invention of glazed curtain wall in 1903: The Steiff Toy Factory». En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History.* 2: 595-602. Cottbus: B-TU.

García-Arévalo, Eduardo. 1993. «Panorámica de la arquitectura de Federico Echevarría». *Álbum Letras - Artes* (35): 49-65.

Gobierno de España. 1973. «Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación, NTE». *BOE* (13): 752 -756.

– 1975. «Orden de 15 de septiembre de 1975 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación, Fachadas prefabricadas: Muros cortina. NTE-FPC-1975». *BOE* (232): 20455-20468.

– 1977. «Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación». *BOE* (163): 15443-15444.

– 1979. «Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios, NBE-CT-79». *BOE* (253): 24524-24550.

Gosálvez, Patricia. 2009. «Un farolillo de 18 pisos». [Entrevista a Rafael de La-Hoz Castanys]. *El País*, 21 de septiembre.

Le Corbusier. (1929) 1999. *Precisiones respecto a un estado actual de la arquitectura y del urbanismo*. Barcelona: Apóstrofe.

León, Ana María. [1999?]. «History of double skin facades». http://www.civil.uwaterloo.ca/beg/ArchTech/History%20of%20Double%20Skin.pdf

Llano, Manuel. 1977. *Plaza de España, 4*. [Barcelona]: [Bankunión].

Loncour, Xavier, Arnaud Deneyer, Marcelo Blasco et al. 2004. *Ventilated double façade: Classification and illustration of façade concepts*. Brussels: BBRI.

Meyer, Henning. 2003. «Historischer Fabrikbau der Firma Steiff in Giengen». En *Baumeister,* 100 (11): 90-95.

Paricio, Ignacio. 2010. *La piel ligera*. Barcelona: Grupo Folcrá Edificación.

Pérez-Arroyo, Salvador. 2001. «La Torre Castelar en Madrid». *Arquitectos* (158): 134-145.

Poirazis, Harris. 2004. *Double skin façades for office buildings*. Lund: KFS AB.

Quintáns, Carlos. 1999. «Torre Castelar en Madrid». *Tectónica* (10): 24-37.

Reiff, Angelika. 1992. «Architektur ohne Architekten: Drei bald neunzig Jahre alte Industriehallen in Giengen an der Brenz». *Bauwelt,* 83 (44): 2520-2523.

Retailliau, Françoise, dir. 1982. *Enciclopedia de la construcción. Detalles de arquitectura I.* Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

Wittek, Karl. 1991. «Dokumente der Architektur des 20. Jahrhunderts. Der Ostbau der Firma Margarete Steiff in Giengen a. d. Brenz (Württ.), 1903». *Architekt* (3): 118.

Características geométrico-constructivas de los capiteles pinjantes en Cataluña

Fabio Tellia
Miquel Bibiloni Terrasa

La búsqueda de lo insólito y de lo inesperado en Arquitectura ha perdurado desde hace siglos y se ha manifestado con diferentes enfoques y expresiones: en algunas circunstancias se ha actuado sobre el sistema estructural del edificio, disimulando y falsificando ciertos elementos arquitectónicos. Otras veces se ha conseguido el asombro del espectador quitando los soportes estructurales, de manera casi ilógica, desde posiciones aparentemente necesarias para garantizar la estabilidad de la fábrica.

Estos alardes se manifiestan todavía con más fuerza en las construcciones en piedra de cantería ya que, a diferencia de las construcciones con estucos o en carpintería, el sistema estructural es perceptiblemente más claro y evidente, como más perceptible es también el efecto de la gravedad y el peso de la piedra.

En este ámbito pueden situarse los capiteles pinjantes, que son un recurso compositivo/estructural que produce el efecto de suspensión de las claves o de las impostas de un arco, empleados también para solucionar aspectos funcionales, como por ejemplo garantizar un paso más cómodo en una abertura de ancho determinado por un intercolumnio existente.

Los casos más tempranos se caracterizaron por la supresión del fuste de la columna que debería haberse encontrado por debajo de la imposta de dos arcos consecutivos, dejando de esta forma solo un capitel suspendido en el aire. Sucesivamente fueron incluidos en sistemas abovedados más complejos como bóvedas de crucería o galerías porticadas.

La lógica del sistema estructural era ocultada meticulosamente a través de un cuidado dibujo y corte de las dovelas que componen los arcos, poniendo así de manifiesto los conocimientos estereotómicos de su constructor.

Su construcción abarca un extendido ámbito geográfico y temporal: encontramos arcos con claves suspendidas en los portales de las iglesias y de los monasterios románicos; se aprecian en las tracerías de los grupos escultóricos del gótico de origen flamígero; aparecen expresados en las bóvedas de crucería del gótico y tardo gótico de Francia, Inglaterra y del área Germánica; fueron parte de los alardes estereotómicos del barroco francés; hasta caracterizaron con exquisitos ejemplos las arquitecturas coloniales hispanoamericanas[1].

La traza del capitel pinjante fue descrita en sus dos formas, ya sea cuando el capitel viene colocado sobre arcos consecutivos o parte de una bóveda de crucería, en los tratados de estereotomía y cuadernos de apuntes de Villard de Honnecourt, Philibert de l'Orme, Joseph Gelabert, Claude François Milliet-de-Chales, Tomás Vicente Tosca y en los análisis constructivos de los elementos arquitectónicos de la arquitectura francesa de Viollet-le-Duc y de las bóvedas góticas inglesas de Robert Willis[2].

Un sistema constructivo afín aparece también en la arquitectura islámica asociado a los portales con muqarnas, consecuente a la transmutación en piedra de los motivos formales basados en yeso y ladrillo[3].

En particular, podemos destacar como el uso de los capiteles pinjantes ha sido muy apreciado en la

arquitectura gótica y tardo-gótica de Cataluña, en particular en Barcelona, caracterizando los patios de sus palacios y casas particulares, y posteriormente siendo reproducidos durante el periodo barroco y modernista, testimonios de un arraigado gusto debido al interés que despertaban.

Esta comunicación se centra precisamente en este tema, actualmente carente de bibliografía y estudios dedicados, enfocándose en el análisis de la estereotomía y técnica constructiva de los capiteles pinjantes del episodio catalán.

A fin de una catalogación geométrica de los ejemplos analizados, se han reconocido dos tipologías de aparejos adovelados con capitel pinjante (figura 1): el primero tiene el perfil de intradós conformado como dos arcos sucesivos que se delinean sobre un plano (una pared vertical) con capitel suspendido entre los dos arcos; el segundo se origina por la intersección de dos arcos o de dos series de arcos sucesivos pertenecientes a dos planos perpendiculares entre ellos y tiene el capitel suspendido en el punto de encuentro de los dos planos.

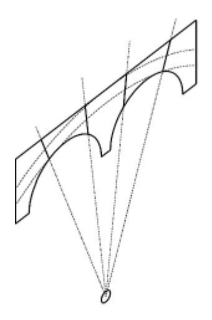
En cada caso se pueden presentar variaciones geométricas que van a complicar notablemente la traza, como por ejemplo el número de arcos sucesivos que resultan ser suspendidos, la inclinación y los peraltes de los arcos o las asimetrías de los elementos.

Capitel pinjante entre arcos sucesivos

Los capiteles pinjantes no fueron introducidos en Cataluña recalcando literalmente la distintiva traza de Villard de Honnecourt, prototipo del portal románico de la iglesia de Sant Joan el Vell de Perpiñán[4] y de otros ejemplos construidos en España[5]. En los monasterios cistercienses catalanes de Santes Creus y de Poblet se empleó un original aparejo adaptado a la traza de las ventanas geminadas con hueco romboidal en el tímpano, a las cuales fue removido el mainel, dejando así la dovela central colgada (figura 2).

El arco que delimita la bífora en la parte de arriba tiene las dovelas medianas adecuadamente talladas para recibir el elemento suspendido, conformado como pieza en «L» girada 45 grados (figura 3), y se apoya únicamente en ellas.

Las direcciones de las juntas de las dovelas que conforman los huecos concurren en el centro del arco



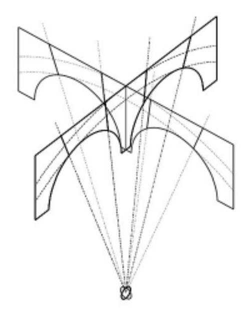


Figura 1
A la izquierda el capitel pinjante se encuentra entre dos arcos yacentes en el mismo plano, a la derecha se coloca en la intersección de arcos sobre dos planos perpendiculares. Dibujo de los autores.



Figura 2
Lavatorio del Monasterio del Poblet. Foto de Jordi de Castelldefelds (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0), via Wikimedia Commons

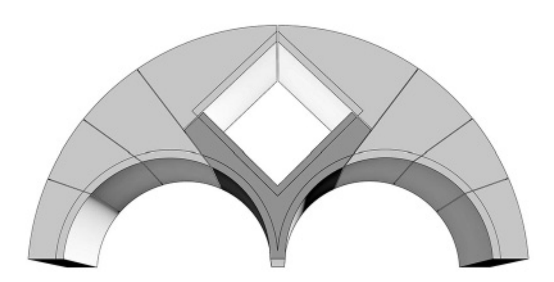


Figura 3
La bífora con clave suspendida del acceso al Lavatorio del Monasterio del Poblet. Dibujo de los autores.

de medio punto que delimita la bífora, asegurando así la firmeza del conjunto. El diferente espesor de las juntas alrededor de la dovela suspendida, más anchas respecto a las otras, podría hacer suponer que la línea de carga, favorablemente, se distribuya principalmente en la parte superior del arco, aliviando así la tensión en la pieza en «L».

El Monasterio de Santes Creus (Tarragona) alberga dos ejemplos de este característico aparejo convertido aquí en toda una seña de identidad, uno en la puerta de acceso a la Sala Capitular y otro en el Lavatorio. El acceso a la Sala capitular se produce a través de una puerta flanqueada por otros dos arcos de igual altura con antepecho bajo, formando una triple arcada de bíforas semejantes, en la cual cada una tiene un parteluz a excepción de la central.

El uso de este aparejo viene justificado por una cuestión funcional a la vez que estética, pues permite ampliar el ancho del paso entre dos vanos manteniendo la misma traza y proporción que los otros huecos de la arcada.

Igual ocurre en el caso del Lavatorio, cinco de los seis lados del templete se caracterizan por arcos partidos con un mainel en el centro, mientras que el acceso a la fuente se realiza quitando el soporte central a uno de ellos. Este arco, con mismas proporciones y traza, pero diferente despiece de dovelas respecto a los otros cinco, se queda con la dovela central suspendida, manteniendo la unidad formal y la armonía del espacio.

El Monasterio de Poblet (Tarragona) también cuenta con un Lavatorio en la parte central del claustro, construido entre los siglos XII y XIII, y sigue la misma disposición que el Monasterio de Santes Creus: un templete hexagonal en el que se produce el acceso en la cara adyacente al pasillo del claustro mediante un arco con dovela central suspendida.

En este monasterio se puede apreciar la microarquitectura del aparato escultórico del Sepulcro de Martí l›Humà, del siglo XVI: de fondo de escena aparece una arcada a la cual se han eliminado las columnas de soporte de los arcos y se han dejado los capiteles suspendidos.

Aparte los ejemplos cistercienses, en Cataluña se pueden enumerar otras muestras de capiteles pinjantes con un despiece de dovelas formalmente más similar al ejemplo clásico de dos arcos consecutivos, como es representado por Villard de Honnecourt y recogido en la tratadística española por Padre Tosca[6] (figura 4).

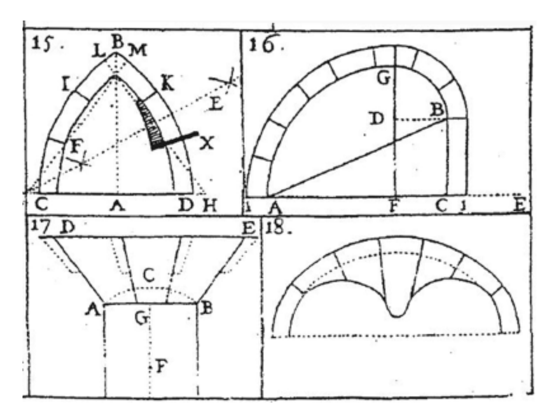


Figura 4
Tomás Vicente Tosca. 1797. *Tratado de la montea y cortes de cantería*.

En este aparejo, las dovelas están unidas entre sí conformando un arco en su extradós, con las juntas convergentes hacia un centro para garantizar el enlace, mientras que la forma del intradós se traza con perfil de dos arcos de circunferencia, determinando el característico hueco bipartido, con las dovelas que se prolongan hasta rellenar el vacío entre que queda extradós e intradós.

Gracias a la disposición de las juntas y la longitud de las dovelas, partes de estas pueden quedar sin aparente soporte y crear el efecto de suspensión del aparejo, sin embargo, la resistencia estructural del conjunto queda garantizada por la porción superior del arco, sólida y continua, en la cual se distribuye la línea de empuje como en el caso de un arco de medio punto o escarzano.

La gran longitud relativa de las dovelas que conforman la clave suspendida permite que éstas no se deslicen y se encajen en el sistema estructural por su parte superior, mientras que su porción inferior sobresalga hacia abajo creando la impresión de suspensión, algunas veces presentando la extremidad entallada como un capitel.

Recordamos aquí dos ejemplos notables, uno de ellos desaparecido, en los cuales se ha conformado un claustro entero con la sucesión de capiteles pinjantes tendidos entre dos columnas.

Uno era el Convento de Santa Madrona, localizado donde actualmente se encuentra la Plaza Real de Barcelona, fue reconstruido varias veces desde 1619 y sufrió su demolición definitiva en 1835. En las

acuarelas de Joaquin Mosteyrin del siglo XIX se aprecia como los arcos de la galería de la primera planta estaban subdivididos por una intercesión de arcos con capitel pinjante.

Otro ejemplo se encuentra en el claustro barroco del Convent dels Dominics de Vic (ca. 1720), obra de Jacint Morató, en el cual destaca la galería porticada de la planta baja, constituida también en este caso por una alternancia de columnas y capiteles pinjantes (figura 5).

No podemos afirmar con seguridad cual es el despiece de las dovelas de este ejemplo porque el muro está revestido por una capa de revoco que deja visible solo la piedra de la moldura de los arcos. Sin embargo, reconociendo en las molduras las juntas reales y mirando su dirección, se podría suponer que la construcción se compone de 7 piezas, con la dovela central de mayor tamaño para conformar el capitel suspendido (figura 6); esta hipótesis, de toda forma, queda por comprobar.

Hay otros ejemplos catalanes que se pueden recoger en la tipología de arcos con capitel pinjante posicionado entre dos arcos consecutivos[7], pero de entre todos destacan, por su valor estereotómico, los ejemplares a los cuales se han aplicado deformaciones geométricas y asimetrías, como en el caso de arcos pertenecientes a cuerpos de escaleras.

En el Palacio Episcopal de Solsona, por ejemplo, los dos arcos que encabezan el arranque de la escalera tienen un peralte: el perfil de una testa está a una cota diferente de la otra, proponiendo, en su forma «suspendida», una traza de arco muy común en Barcelona.



Figura 5
El claustro del Convent de Sant Domènec de Vic. Imagen procedente de la aplicación virtual de www.osonatour.com.

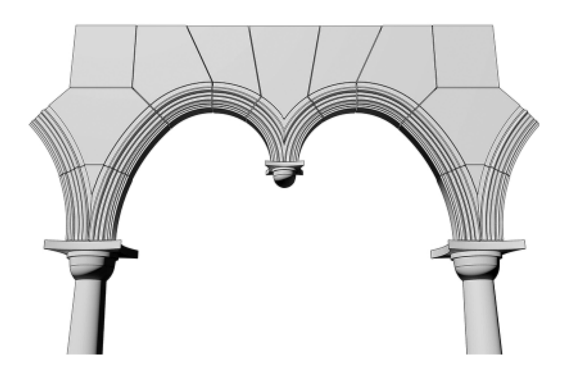


Figura 6
Despiece del arco con capitel pinjante del Convent dels Dominics de Vic. Dibujo de los autores.

Las variaciones geométricas más notables de esta tipología se encuentran asociadas a los arcos que cubren las bóvedas de las escaleras claustrales de las casas nobles catalanas.

De hecho, para acompañar la pendiente de la escalera, se utilizan arcos rampantes, a veces deformados con peraltes o en *descenda de cava*[8], que vienen normalmente suportados por columnas esbeltas. Los motivos decorativos y las molduras se adaptaban a la pendiente de la rampa, aplicándose también a los capiteles y las bases de columnas que resultarán deformadas en directriz oblicua, haciendo propias, o quizás desarrollando de manera independiente, las teorías arquitectónicas teorizadas por Juan Caramuel y Lobkowitz (*Arquitectura civil recta y oblicua*, Vigevano 1678).

En algunas de estas escaleras se ha removido el soporte central de los arcos de la galería, dejando un capitel pinjante suspendido entre dos arcos rampantes, a los cuales están frecuentemente asociados arcos adintelados de despieces muy curiosos para mejorar el anclaje de las dovelas.

En Barcelona hay varios ejemplos conocidos: El Palau Mercader, descrito a continuación por su mayor complicación; la Casa Josep Martí i Fàbregas, situada en la calle Portaferrissa 17, del siglo XVIII y reformada en 1864; la fábrica de Portaferrissa 7, parecido al ejemplo recién descrito; y por último el Palau de la Virreina en las Ramblas (figura 7), construido entre 1772–1778, que se distingue por su escalera principal de doble rampas simétricas que se conjuntan en su parte superior con un pequeño puente, y por el capitel



Figura 7
Arcos rampantes con capitel suspendido en el Palau de la Virreina en Barcelona. Foto de los autores.

colgante con adorno, suspendido entre dos arcos rampantes y en *descenda de cava* de luz distinta.

Capitel pinjante entre arcos perpendiculares

Los modelos que se describen a continuación son los capiteles pinjantes que se colocan en la intersección de arcos yacentes sobre dos planos ortogonales. En estos casos el dibujo de las claves se complica, pasando de ser un sistema adovelado bidimensional (un arco con perfil de intradós conformado con arcos consecutivos) a un aparejo tridimensional, en el cual la intersección de dos sucesiones de arcos, es decir el encuentro de cuatro arcos, se resuelve con una clave pinjante.

Cuando el sistema es simétrico, como por ejemplo las claves pinjantes de algunas bóvedas de crucería, el dibujo de las piezas no se complica demasiado, ya que la misma traza se puede repetir en las otras direcciones; cuando el sistema es asimétrico, como en las escaleras de los patios de Barcelona, se requiere un atento estudio de la estereotomía de las dovelas.

El manuscrito de cantería del mallorquín Joseph Gelabert contiene la traza de una bóveda de crucería con capitel pinjante[9]. La clave está colgada desde los arcos diagonales de la bóveda de crucería que se bifurcan en dos tramos: el superior sujeta la clave y el inferior se apoya en la parte más baja de la clave. Esta viene conformada adecuadamente con apoyos para recibir los nervios. Es una traza relativamente sencilla y por su dibujo regular y simétrico requiere determinar los ángulos y planos de corte de uno solo de los nervios.

Hay una bóveda semejante en el convento de Santo Domingo en Valencia, construida por Francesc Baldomar (1425–1463), y se caracteriza por tener los nervios que se apoyan en la clave pinjante aislados en el aire, sin contacto con la cáscara de la bóveda, dejando vista la longitud de la clave.

Un ejemplo catalán que se puede relacionar a la traza de Gelabert, caso único en el territorio, se encuentra en la Capilla del Roser, construida en el siglo XV en la Catedral de Tortosa. Se trata de una bóveda de crucería con planta rectangular de proporción dupla (2:1), compuesta por la yuxtaposición de dos bóvedas estrelladas de planta cuadrada. En el punto medio, los espinazos (o *rampantes*) forman una cúspide ligeramente apuntada hacia abajo, conformando una cáscara discontinua y convexa. El encuentro de los rampantes viene rematado con una clave pinjante acampanada.

Palau de la Generalitat

En Cataluña, los sistemas asimétricos de capiteles pinjantes suspendidos entre arcos perpendiculares son formalmente muy distintos de los ejemplos de bóvedas de crucería que se acaban de describir.

Caracterizándose por una estereotomía muy compleja, se materializan al remover los soportes de las esquinas de los patios[10] y sin duda alguna constituyen los ejemplos catalanes más emblemáticos.

Entre ellos, el más antiguo y conocido de todos se encuentra en el patio gótico del Palau de la Generalitat de Barcelona, que fue realizado durante una reforma del siglo XVI eliminando una columna de esquina de la existente galería gótica, correspondiente al desembarque de la escalera (figura 8). Como resultado de esta intervención el paso se hizo más cómodo, ganando en solemnidad, pero también haciendo más visible la portada de la capilla de Sant Jordi, situada en este mismo lado en la primera planta.

Al remover la columna de esquina se ha cambió completamente el sistema estructural de esta parte de la galería. Anteriores a la intervención, los dos arcos carpaneles de perfil muy rebajado, perpendiculares entre sí, eran necesarios para contrarrestar los empujes de la fachada y arrancaban de la esquina corres-



Figura 8
El patio gótico del Palau de la Generalitat de Barcelona. Foto de los autores.

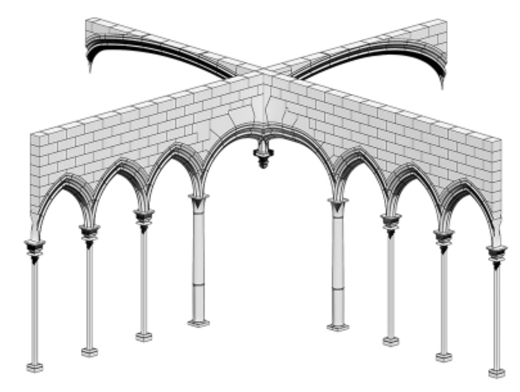


Figura 9
Axonometría del sistema estructural del patio gótico del Palau de la Generalitat de Barcelona. Dibujo de los autores.

pondiente a la llegada de la escalera, extendiéndose hasta el muro interior de la galería. Ahora, al quitar la columna de esquina han sido construidos con diferente despiece de dovelas preservando aproximadamente la forma del intradós y las formas originales de la arcada, y se extienden desde las dos columnas próximas a la esquina hasta el muro interior de la galería.

Los dos arcos se encuentran entre ellos a la altura de la esquina que ahora está privada de soporte, materializando en el cruce el capitel pinjante (figura 9).

Numerosas dovelas de los paramentos sustentados por los arcos de la galería han sido sustituidas por otras dovelas adinteladas para asegurar el trabado y la estabilidad de conjunto y a su vez, debido a la necesidad de soportar el incremento de las cargas, las dos columnas desde las cuales salen los arcos han sido sustituidas por otras de mayor diámetro.

El sistema estructural se caracteriza entonces por dos arcos rebajados con intradós poligonal que se apoyan en las columnas que encuadran el paso en esquina de la escalera y se extienden hasta las paredes interiores de la galería, produciendo en el cruce el capitel pinjante.

El despiece de las dovelas y las juntas de estos dos arcos (estructuralmente se pueden considerar dos, pero por su extradós son conformados como cuatro) tiene en cuenta de la mayor longitud y de la necesidad de encontrarse en una única pieza, el capitel pinjante, que se convierte en la dovela que conecta las dos hiladas de arcos (figura 10).

Es curioso observar como en correspondencia con las dovelas adinteladas haya una cierta libertad en el dibujo y orientación de las juntas, las cuales no convergen exactamente hacia un único centro como ha-

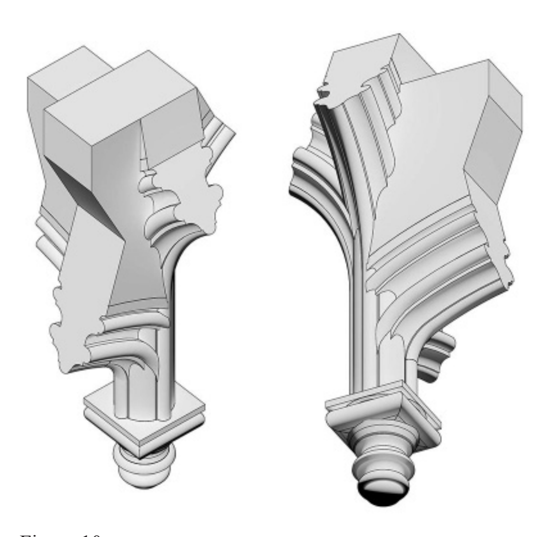


Figura 10
Axonometría 3D del capitel pinjante donde se puede apreciar la complejidad del corte. Dibujo de los autores.

bría que esperar al observar los dibujos de los tratados y los aparejos de capiteles pinjantes más sencillos. El cambio de dirección de las juntas se nota en la proximidad de la clave pinjante (figura 11), se puede entonces constatar que para los maestros de obra de la época las dovelas adinteladas eran un componente muy importante para la estabilidad del arco que, conjuntamente a la considerable altura de la clave, no requerían orientar las líneas de junta del arco a un único centro.

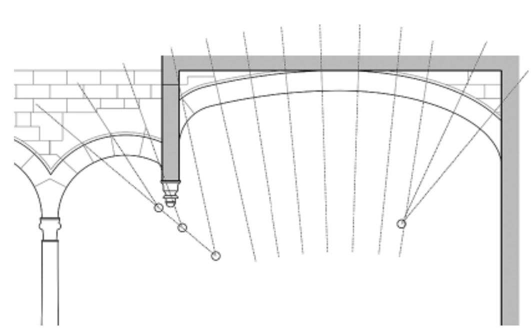


Figura 11
Dirección de las juntas de lecho. Palau de la Generalitat de Barcelona. Dibujo de los autores.

Se puede apreciar el intento de su constructor de ocultar el sistema estructural entallando en la piedra vista del muro la continuación de las juntas y el despiece tradicional de los arcos adyacentes.

Además de este magnífico ejemplo, el Palau de la Generalitat contiene otras instancias de capiteles pinjantes. En la ampliación de la capilla de Sant Jordi de 1738 se realizó una cubierta compuesta por una bóveda de media naranja sustentada por arcos que continúan dos capiteles suspendidos.

Otra serie de capiteles suspendidos, de fecha mucho más reciente, se encuentra en la actual sala de conferencias, situada bajo el patio de los Naranjos: durante la rehabilitación de Carles Solsona i Piña en 1993 fueron truncadas las columnas y sustentadas a través de un sistema estructural metálico oculto encima de las bóvedas, dando como resultado otros seis capiteles pinjantes.

Palau Mercader

En el patio de acceso del Palau Mercader, un edificio barroco localizado en la Calle de Lledó 11 de Barcelona, se encuentra un impresionante ejemplo de escalera de dos tramos cubierta por una galería abovedada con dos capiteles pinjantes, uno de ellos colocado en la esquina y otro en el segundo tramo de la rampa (figuras 12 y 13).

Al remover el soporte de la esquina se crea un sistema estructural de arcos cruzados, escondidos en el



Figura 12
La escalera de Palau Mercader. Foto de los autores.



Figura 13
Detalle de la columna de esquina truncada. Foto de los autores.

paramento vertical del patio, que se tienden entre el muro que delimita la escalera y el muro del lado opuesto del patio y suben con la pendiente de la rampa. El perfil de intradós de dichos arcos está conformado por una sucesión de arcos rampantes en correspondencia de las rampas y arcos rebajados en *descenda de cava* en correspondencia del descansillo a los cuales se han quitado los soportes verticales, dando así la impresión de que estas sucesiones de arcos estén suspendidas en el aire (figura 14).

Por encima del tramo más largo de la escalera se encuentra otro capitel pinjante, colocado en el punto de encuentro de las impostas de los dos arcos rampantes. Afortunadamente este muro no tiene revoco y es posible observar con exactitud el despiece de las dovelas, ocultas entre las falsas juntas del muro para simular los sillares paralelos de un muro de piedra tradicional.

Las dovelas están cortadas y ajustadas de manera que una vez colocadas en su sitio, la misma gravedad del conjunto pueda asegurar el trabado y enlace suficiente para garantizar la estabilidad: las juntas concurren en un único centro, pero, como se ha notado el Palau de la Generalitat, hay un cambio en el punto de convergencia para los tramos de arcos sucesivos cuando vienen separados por el capitel pinjante. Aunque los centros estén muy próximos, los resaltes o dinteles en los bloques de piedra impiden su deslizamiento hacia abajo.

En el conjunto se aprecia en particular el tamaño y la longitud de la clave central, aquella que por debajo tiene un adorno en forma de capitel y columna truncada de directriz oblicua.

La sensación de pesadez de los grandes elementos de piedra y la propia estabilidad de la estructura quedan aparentemente en entredicho debido a la tensión visual producida por la ausencia de soportes.

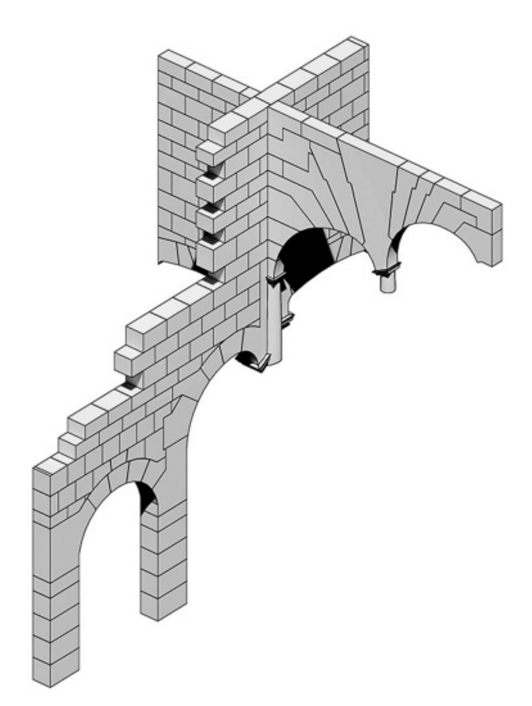


Figura 14
Axonometría del sistema de arcos cruzados y capiteles pinjantes del Palau Mercader.

Ca la Mercè y Casa Amatller

Los dos casos a continuación son otra variación sobre el tipo de capitel pinjante colocado en la intersección entre dos planos ortogonales, sin embargo, en esta instancia uno de los arcos solo arranca de la clave pinjante y no continúa cruzando la serie de arcos consecutivos como en los casos anteriores.

En la Ca la Mercè, localizada en Calle Avinyó 44 de Barcelona, encontramos este ejemplo al principio



Figura 15
La clave pinjante de Ca la Mercè

de la escalera cubierta por bóvedas inclinadas. Su geometría es interesante por la completa asimetría del aparejo: la clave pinjante se interpone a los dos arcos sobrestantes el arranque de la escalera, uno rebajado y otro en *descenda de cava*, y recibe perpendicularmente otro arco rampante que soporta la bóveda de la rampa (figura 15). No sabemos si es una intervención original del siglo XVII como el edificio o de reformas posteriores.

Otro ejemplo se puede encontrar en la Casa Amatller (1898–1900) en la cual Puig i Cadafalch reinterpreta arquetipos propios de la arquitectura gótica catalana. En este caso el capitel pinjante se coloca en uno de los arcos transversales de las caballerizas, justo en correspondencia del punto de terminación de una hilada de arcos perpendiculares al primero.

Conclusiones

En Cataluña, encontramos principalmente el capitel pinjante integrado en el conjunto arquitectónico del edificio, creando un sistema cohesivo con los otros elementos estructurales que requieren una cuidada estereotomía de las piezas. Son limitados los casos donde el capitel pinjante sobrevive como motivo ornamental, como por ejemplo en el Palau del Parlament de Catalunya (de estilo clasicista y reformado en 1889) y en el modernista Palau del Baró de Quadras (1904–1906) colgado por debajo de las escaleras.

El interés por los capiteles pinjantes no desaparece a lo largo de los siglos y el legado arquitectónico del capitel del Palau de la Generalitat ha llegado hasta nuestros días[11]. Aunque sea difícil estimar la datación y autenticidad de numerosos edificios del *Barri Gótic* de Barcelona (ya que muchas obras de estilo gótico son en realidad restauraciones, reformas o nuevos proyectos realizados durante el siglo XX y finales del XIX) debido a la transformación del centro histórico mediante la reconstrucción de las formas medievales[12], el número de capiteles pinjantes y su difusión geográfica confirman la fascinación por este elemento arquitectónico en el territorio catalán.

Notas

1. Se lamenta que la edición de este articulo haya sido anterior a la jornada de estudios dedicada a las claves suspendidas titulada «La clef pendante dans l'architecture de Moyen Âge et de l'époque moderne», celebrada el 2 de junio 2017 en la Université Bordeaux Montaigne, cuya discusión y aportación científica habría podido enriquecer las referencias bibliográficas de esta comunicación.
   En particular recordamos las obras de Francisco Guerrero y Torres, activo en Ciudad de México a finales del siglo XVIII
2. – La construcción de un capitel pinjante (*Par ce moyen on taille une voussure pendant*) viene descrita por primera vez en el cuaderno de apuntes de Villard de Honnecourt (c. 1235, fol. 20 v), dedicado a la construcción de catedrales góticas, en el cual recopila varios temas de construcción en piedra, incluyendo armaduras de madera y bocetos de carácter escultórico. Los otros ejemplos aparecen en:
   - Philibert De L'Orme: *D'une voute à croisée d'ogives, ayant une clef suspendue* (De L'Orme 1567,111);
   - Para Joseph Gelabert ver Rabasa (2012, 392);
   - *PROPOSITIO XIII Problema De Arcu in lineam rettam degenerante* (Milliet de Chales 1674, vol 2, 629);
   - Tosca (1797, folio 108, imagen 18) dibuja un arco con capitel pinjante similar al modelo de Viollet-le-Duc y Claude François Milliet de Chales;
   - Viollet-le-Duc (Viollet-le-Duc, 1854, Vol. 3, 300);
   - Willis (1842, 36) describe los aspectos constructivos de las claves suspendidas en las bóvedas de crucería inglesas;
   - consta también la existencia de un dibujo de capitel pinjante en un texto didáctico manuscrito de título *Tratado VIII: De la arquitectura civil* de 1778 de Claudio Martel, ahora conservado en la biblioteca del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Quizás corresponde a una copia del *Curso Matemático* de Pedro de Lucuze de 1739 impartido en la Real Academias de Matemáticas de Barcelona. Para más informaciones consultar (Montaner 1990, 153 y 821) y (Galindo 2008, 465–482).
3. Recordamos el primer ejemplo en la madrasa Al-Nuriyya al-Kubra, construida en Damasco en 1168 (Tabbaa 2011, 137–149)
4. atribuida a Ramon de Bianya (1219)
5. Recordamos: la puerta norte de la Catedral de Lugo; la portada sur de la iglesia de Santiago del Burgo, Zamora; entrada trasera a la Catedral de Santiago de Compostela, ahora tienda de la Catedral
6. Tosca los define así: «arcos pendientes, cuyos pies de una parte se juntan en uno que no llega al suelo, quedando al parecer entrambos arcos pendientes en el ayre»

7. A parte los ejemplos descritos anteriormente y a continuación en el texto de esta comunicación se han podido localizar en Cataluña: el arranque de la escalera con dos columnas truncadas de Ca'n Ramona i Maynés en Vilanova i la Geltrú, un ejemplo incluido en el pórtico de la Plaza Mayor de Solsona, otros en arranques de escaleras en Sant Ramón (Segarra) y Santa Maria Magdalena de Vergós Guerrejat
8. Arcos peraltados o arcos en *descenda de cava* son trazas muy características en los cuerpos de escaleras en Barcelona, y vienen descritas en el manuscrito de estereotomía de Joseph Ribes. Por más informaciones sobre este tratado mirar Tellia (2011)
9. la *Capella perllongade ab una clau penjant* o Capilla rectangular con clave pinjante, (Rabasa 2012, 392)
10. Se podría recordar la analogía con el *Patio sin columnas cuadrado* del tratado de Vandelvira, el cual justifica la remoción de los pies derechos para que no dificulten el paso. Palacios (2003)
11. Su construcción ha persistido hasta el siglo XX: por ejemplo, en la intervención en la sala de conferencias del Palau de la Generalitat, mencionada anteriormente, o en su reinterpretación en clave contemporánea en la casa del escultor catalán Xavier Corberó.
12. Cócola (2010) estudia la transformación del Barrio Gótico de Barcelona y su reconstrucción con formas medievales

Lista de referencias

ANÓNIMO. *Tratado octavo. De la arquitectura civil*. Biblioteca del Colegio de Arquitectos de Madrid: Mss. No. XIX–82

Carbonell i Buades, Marià. 2005. *El Palau de la Generalitat, 600 anys: art i arquitectura*.

Barcelona: Generalitat de Catalunya: Museu Nacional d'Art de Catalunya.

Carbonell i Buades, Marià. 2008. «De Marc Safont a Antoni Carbonell: la pervivencia de la arquitectura gótica en Cataluña». *Artigrama*, (23).

Cócola Gant, Agustín. 2010. «El barrio gótico de Barcelona: planificación del pasado e imagen de marca». Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Departament d›Història de l›Art.

De L'Orme, Philibert. 1567. *L'Architecture.* Livre IV, chapitre X, 111. Paris: Morel, 1567.

Ecochard, Michel. 1937. «Notes d›archéologie musulmane. Stéréotomie de deux portails du XIIe siècle: la médersa Maqaddamiya d›Alep, un portail au château de Sayhun». En *Bulletin d'études orientales de l'Institut français de Damas*, 7,8: 83–111. République arabe syrienne.

Galindo Diaz, Jorge. 2008. «La enseñanza de la perspectiva como parte de la fortificación en el siglo XVIII el caso de la Real Academia de Matemáticas de Barcelona». En *VARIA HISTORIA*, Belo Horizonte. 24 (40): 465–482.

Gallet, Yves. 2013. «Une voûte à clef pendante du XIIIe siècle à Saint-Urbain de Troyes». *Bulletin Monumental*, Societe Francaise d'Archeologie, 171 (1): 11–21.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica,* 288–292. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Milliet de Chales, Claude François. 1674. *Cursus seu mundus mathematicus.* Tomus secundus. Lyon.

Montaner i Martorell, Josep Maria. 1990. *La modernització de l'utillatge mental de l'arquitectura a Catalunya (1714–1859)*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2003. *Trazas y Cortes de Cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Rabasa Díaz, Enrique. 2012. *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert.* Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Tellia, Fabio. 2011. «El tratado de estereotomía de Joseph Ribes, 1708». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela, 26–29 octubre de 2011*. coord. por Santiago Huerta Fernández, Vol. 2: 1413–1420.

Tosca, Tomás Vicente. 1797. *Tratado de la montea y cortes de cantería*. Madrid: Imprenta de Antonio Mar.

Viollet-le-Duc, Eugène. de 1854 à 1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. Édition Bance-Morel, Tomo 3: 273–275.

Willis, Robert. 1842. *On the construction of the vaults of the middle ages*. Reprinted from the Transactions of the Royal Institute of British Architects. Vol. 1, part 2. London: Royal Institute of British Architects.

Yasser Tabbaa. 2001. *The Transformation of Islamic Art during the Sunni Revival.* London: I.B.Tauris & Co Ltd.

Contra viento y marea, un custodio del siglo XX que sigue en pie. El Faro del Progreso en Yucatán, México

Berta Esperanza Tello Peón

Los faros se yerguen hacia el cielo para vigilar y hacerse ver a la distancia. El encargado del faro deviene en Propietario. Desde Alejandría, que dotó al mundo con una de sus siete maravillas, los faros forman parte del paisaje y son un hito en el entorno urbano. Son protagonistas de historias y leyendas pero pocas veces se conocen por sí mismos: el por qué de su emplazamiento, ¿cómo se construyeron? ¿Cómo funcionan? ¿Cuáles son los materiales que les permiten sobrevivir, esta vez sí literal, «contra viento y marea»? Es mi intención contribuir en este Congreso con un recuento de la historia de la construcción y pervivencia del Faro de Progreso en Yucatán, México. ¿Cuáles son sus técnicas constructivas y los materiales que le permitieron ser vencedor de huracanes como «Gilberto» y otros que lo agredieron durante el siglo XX? ¿De dónde vino la magnífica escalera de hierro fundido que ocupa su interior y que confirma con su presencia la modernidad en la que el faro fue concebido?

Introducción

Los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán ocupan un área de 145,000 km^2 en la península de Yucatán, una de las dos con que cuenta el territorio mexicano, que ubicada al sur de la República divide el Golfo de México y el mar Caribe. El estado de Yucatán, al centro de la península tiene 378 kilómetros de costa, desde Celestún hasta Río Lagartos y su puerto más importante es Progreso que se ubica sobre el golfo de México al noreste del estado en las coordenadas 21º 16` 58" latitud norte y longitud 89º 39`49" oeste a 36 km al norte de la ciudad de Mérida que es la capital del estado.

Sisal situado a 85 kilómetros de Progreso fue el puerto más importante de Yucatán, desde el siglo XVI, sobre todo para el movimiento del henequén, sin embargo a mediados del siglo XIX, un grupo de ciudadanos y empresarios inició la gestión para el traslado de la aduana, y con ello del puerto más importante a un lugar más cercano a la capital. Es así que a finales del siglo XIX e inicios del XX Sisal, ubicado a 52 kilómetros de Mérida, se vio desplazado por Progreso, a 36 kilómetros, que desde entonces ha sido el puerto principal en el estado tanto para el comercio como para el turismo.

Juan Miguel Castro fue el principal promotor de la fundación de un nuevo puerto para lo cual inició gestiones a partir de 1840, iniciando con un viaje a Sisal por la costa, continuando con propuesta del lugar para el nuevo puerto, haciendo un levantamiento del mismo e incluso iniciando la construcción de lo que sería la vía de acceso. Así, cuando tanto él como algunos ciudadanos reconocidos como Ignacio Vado, Darío Galera, Antonio Bolio, Rafael Muñoz, Simón Peón, Rejón e hijos, y muchos otros, firmaron la petición el 17 de abril de 1846, el gobernador Miguel Barbachano por acuerdo del 27 de abril, accede a la construcción del puerto.

Sin embargo fue hasta el 25 de febrero de1856 que se dio la creación del puerto de Progreso por medio



Figura 1
Faro de Progreso, Yucatán, México. 2011 Berta E. Tello Peón



Figura 2
Mapa de la República Mexicana



Figura 3
Mapa de la península de Yucatán, México

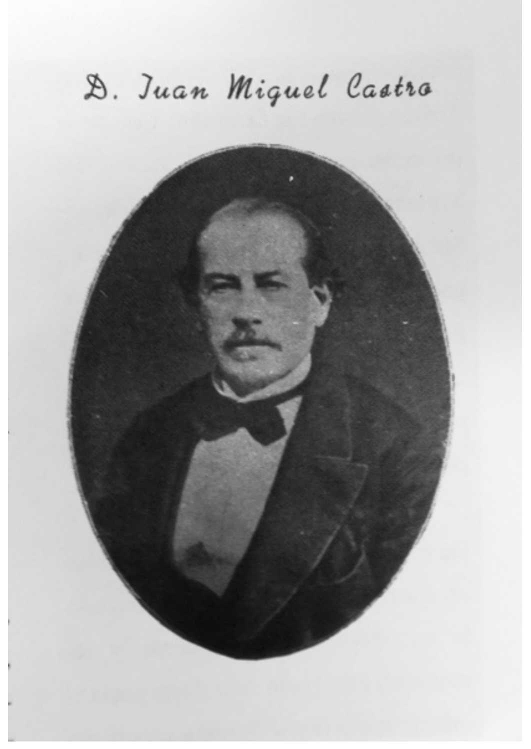


Figura 4
Retrato de Juan Miguel Castro. Enciclopedia Yucatanense

del decreto firmado por el Presidente de la República don Ignacio Comonfort. Como consecuencia de la real necesidad de tener un puerto de altura cerca de la capital, en la que se sustentó la creación del mismo, el 1º de julio de 1871 fue la fundación oficial del Puerto de Progreso con la categoría de pueblo, misma que conserva hasta el 9 de enero de 1875 cuando se convierte en Villa, para, finalmente, el 4 de octubre del mismo 1875 adquirir la categoría de ciudad que tiene desde entonces. Progreso de Castro, como se ha llamado en honor de Juan Manuel Castro, impulsor y fundador del puerto, tiene una altura de dos metros sobre el nivel del mar y una superficie de 430.32 km^2 (Frías Bobadilla, Romeo). En ese mismo 1875 se iniciaron las obras de construcción del Palacio Municipal con Alejandro Barrera como primer alcalde del municipio.

Desde el siglo XIX, los faros han jugado un importantísimo papel para guiar, principalmente a las



Figura 5
Aspecto de Progreso al iniciar su trazo. Romeo Bobadilla

lanchas ribereñas, así como a las embarcaciones pesqueras de la flota mayor y también son de gran ayuda para los yates de recreo, buques mercantes y para los cruceros que pasan en su travesía por las costas yucatecas.

En Yucatán se han edificado desde finales del siglo XIX un total de doce construcciones de este tipo. Estas torres son operadas por la Capitanía de Puerto de Progreso y es precisamente la que se ubica en dicho sitio la primera erigida en Yucatán, ya que se alzó en tierra en año de 1893 y opera hasta la fecha.

El faro de Progreso se ha ido actualizando para incorporar equipos contemporáneos para la comunicación tanto de radio como de consolas, tal como sucede en otras dependencias federales. Debido al cuidado en el manejo especializado de la nueva tecnología el acceso al faro quedó restringido a partir de 2005.

El proyecto

El faro de Progreso se forma por una torre cilíndrica coronada por una cúpula en la que se aloja el faro propiamente dicho, o sea el mecanismo luminoso: es un faro de segunda orden, dióptico, de 36 metro de altura, con un alcance de 66 km aproximadamente, para el observador que esté sobre el nivel del mar, un destello blanco cada minuto, con una ubicación de: longitud oeste de Greenwich 89.39.30" y latitud norte 21.1700.

El faro se yergue hacia el cielo y atrapa la mirada siguiendo su altura, más su proporción y solidez ofrecen confianza sobre su resistencia a los fenómenos naturales, tal como lo ha demostrado en sus ciento veinticuatro años de existencia. En la actualidad una estructura como esta no entra en competencia con los miles de rascacielos que alcanzan grandes alturas con

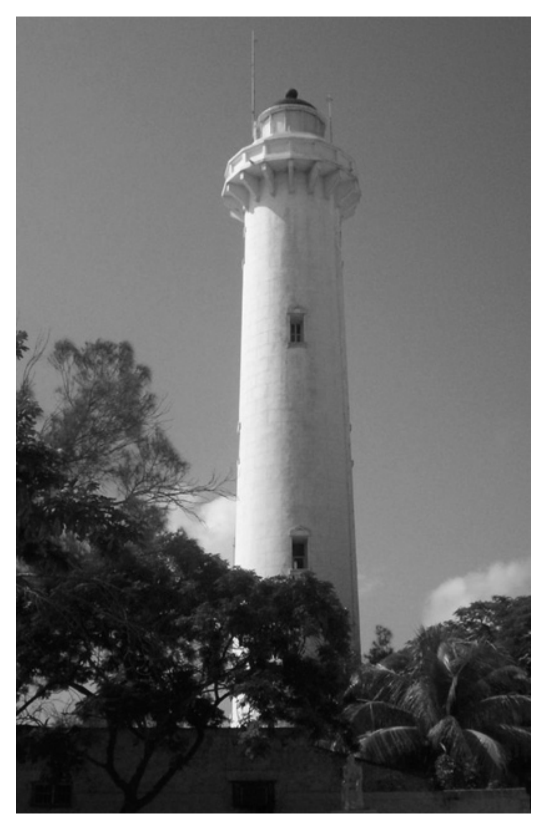


Figura 6
Faro de Progreso. Ubicación de ventanas



Figura 7
Detalle de la cúpula del Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón



Figura 8
Detalle del espesor del muro. Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón

estructuras más ligeras y apariencia más moderna, pero es precisamente su estructura lo que aporta a este tema por su material y procedimiento constructivo.

Construcción

En 1891, cuando se inicia la construcción de la torre del faro de Progreso, hecho a base de sólidos bloques de concreto, el material se trabajaba con sólidos agregados, como en este caso la misma piedra caliza del lugar que es durísima, y se junteaba, con cal viva lo cual proporcionó la resistencia necesaria para enfrentar a los embates del tiempo y al clima. En la base, la circunferencia de arranque tiene 5,7 m de diámetro y muros de 1,35 m de espesor, el cual disminuye conforme se asciende a la cúpula de la torre, tal y como se aprecia en los marcos de sus ocho ventanas distribuidas en toda la altura de la construcción siguiendo la helicoide de la escalera.

La construcción estuvo a cargo del ingeniero británico John Gleen quién falleciera antes de terminar la obra, por lo que su hijo el ingeniero John Percy Gleen continuó y terminó la construcción de la estructura del faro. La cimentación es de concreto en forma triangular construida a cinco metros de profundidad, lo cual se logró a base de dinamitar el terreno para lograr la excavación en la que se alojaría ya que por su dureza no es fácilmente removible, condición que ayuda en la solidez del cimiento.

La edificación del Faro de Progreso coincide con el auge del Porfiriato, administración sobresaliente por dotar a todas las ciudades del país de equipamiento e infraestructura. Las construcciones hechas en ese período, se caracterizan por utilizar materiales y técnicas constructivas de vanguardia a la par que las grandes capitales internacionales, razón por la cual se entiende la presencia de la escalera de hierro

fundido que, siguiendo la curva del muro, asciende al faro en el interior de la torre, destacando como elemento de modernidad tecnológica. Sus 125 escalones unidos en tramos helicoidales encuentran descanso en plataformas de madera a las que llegan y de las que arrancan y que se sostienen por vigas de madera bajo sus tablas y por los tramos tubulares que en el arranque y desemboque, dan estabilidad a los escalones que, a su vez se unen por una pestaña que bajo la huella de uno consigue enlazarse en el peralte del otro asegurada con remaches.

Contar con un faro como apoyo para la navegación es en sí, una demostración de modernidad, característica del gobierno de Porfirio Díaz, incluir en la construcción una escalera de hierro fundido, material representante de la modernidad tecnológica, complementa el deseo de grandeza que se extendía a todas las poblaciones, como se ha dicho. Basta ver



Figura 10
Escalera. Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón



Figura 9
Escalera Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón



Figura 11
Escalera Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón

las bases de las lámparas provenientes de la fundidora francesa Val d'Osne que se colocaron en el palacio municipal construido por aquellas fechas, mismas que se suman a las dos escaleras de hierro fundido del mismo Palacio.

La última plataforma de madera, se apoya sobre vigas de hierro que se anclan sobre el muro ya que debe soportar el peso de la lámpara. Tiene esta una óptica de 750 milímetros y alcance de 33 millas náuticas, lo que en tierra equivale a 62 kilómetros. Además tiene una lámpara de halógeno, que es el único complemento que ha sido reemplazado y tiene una potencia de 1.500 watts, que funciona con 220 voltios. La maquinaria o rotor funciona con energía eléctrica de 110 voltios y tiene 8 haces de luz que destellan cada seis segundos en dirección de las manecillas del reloj. El motor fue adquirido en 1893, es de bronce y se construyó en París, Francia (Señalamiento Marítimo).



Figura 12
Motor. Faro de Progreso, Yucatán. México. Febrero 2017. Berta E. Tello Peón

Los trabajos para la construcción del Faro, se iniciaron en mayo de 1891 y se terminaron el 3 de mayo de 1893, inaugurándolo el día 5 del mismo mes, en ese entonces por el C. Coronel Daniel Traconis, quién fuera Gobernador del Estado de Yucatán. *El Horizonte* de Progreso publica sobre la inauguración del Faro que: «el gobernador coronel Traconis, en el momento de ponerse el sol, tocó un botón eléctrico e hizo andar por primera vez la luz de segundo orden del faro, que anunciará a los navegantes la situación del puerto de Progreso» (*El Horizonte*).

La banda de cornetas y tambores del batallón de gendarme y la banda militar del Estado, celebraron con el himno nacional y con alegres dianas ese suceso fausto, en tanto que en la plaza del muelle y en La cañonera «Independencia» se disparaban salvas de artillería. Los edificios públicos y casas comisionistas izaron el pabellón nacional, y los buques fueron empavesados con sus banderolas. El gobernador del Estado, con la representación del presidente de la República y del ministro de Comunicaciones, declaró oficialmente inaugurado el faro, y en seguida, el Sr. Don Manuel A. Lizama, secretario del Ayuntamiento, ocupó la tribuna, para hablar sobre la batalla de Puebla. Luego el Lic. Roberto Casellas Rivas, pronunció elocuente discurso. El joven telegrafista, jefe de la oficina de progreso, don Lorenzo Prieto, recitó inspirada poesía. Habló asimismo el Inspector de Faros, don Francisco Nicolau, quien rindió tributo a la memoria del Ing. americano coronel W. Gleen. Don Javier Santamaría pronunció después importante discurso. Por la noche más de dos mil personas concurrieron a la serenata del parque Zaragoza, que se prolongó hasta las diez. Inmediatamente después el pueblo se congregó en el palacio municipal, en cuyos salones fue ofrecido un baile popular a nombre del Presidente de la República, gobernador del Estado y jefe político. Se sirvió espléndido refrigerio a las damas, a quienes además se obsequió con vistosas canastillas de ricos confites al momento de retirarse. El gobernador y comitiva retornaron a Mérida el día 6, por ferrocarril (*El Horizonte*).

Conclusión

El faro de Progreso hoy no sólo sirve para dar su haz de luz a los marinos y pescadores, ya que debido a la altura y seguridad de su estructura cuenta con equipos

modernos de radiocomunicación y consolas eléctricas, de varias dependencias federales. El mantenimiento preventivo y correctivo se realiza cada dos años en la estructura de concreto, escalera y cúpula; y la pintura se aplica cada tres años para su conservación.

Ha soportado la embestida violenta de los huracanes más fuertes que han azotado la península de Yucatán: Gilberto en 1988 e Isidoro en el 2002.

En la actualidad el faro, que está considerado como símbolo mundial de Progreso, sigue siendo el gran vigilante del puerto. Cumplió 123 años de ser la principal luz, tanto para embarcaciones mercantes como pesqueras que llegan a este que es el principal puerto de Yucatán y no obstante se reconoce por su utilidad, pocos lo valoran como representativo de un momento de modernidad constructiva que dio importancia al puerto por su innovación tecnológica.

Lista de referencias

Fuentes orales

Departamento de Señalamiento Marítimo.

Datos proporcionados por el Capitán Horta. Progreso, Yucatán, a 11 de Abril de 2016.

Fuentes escritas

Frías Bobadilla, Romeo. 2006. *Puerto Progreso, Pasado y presente*. Mérida, Yucatán: Compañía editorial de la península.

El Horizonte, periódico de Progreso, Yucatán, México 1993

Procedimiento de construcción de un corral de comedias

José Antonio Terán Bonilla

Los corrales de comedias fueron muy populares en la época virreinal; se han considerado el antecedente del teatro. En México existe uno, edificado en el siglo XIX en Tecali, estado de Puebla, de gran interés e importancia, tanto por ser el único que se conserva en el país, como por su armadura y características constructivas peculiares.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el procedimiento de construcción de este edificio histórico, a través del estudio de sus materiales y técnicas constructivos, utilizando el método de investigación histórico-constructivo (requerido para su restauración y reconstrucción), complementándolo por medio de la arqueología histórica e historia oral, haciendo énfasis en la tecnología utilizada en sus cubiertas, única en su tipo –inusual y novedosa para su época y contexto geográfico–, por tratarse de dos soluciones: una para techar un espacio de planta de herradura a través de una armadura en forma de medio cono, y otra utilizando cubiertas a dos aguas para techar los espacios rectangulares correspondientes a la sala y el escenario, empleando en todos ellos los mismos materiales constructivos.

Se parte de la hipótesis de que, aunque no se cuente con documentación escrita referente al proceso edificatorio de un inmueble, en este caso el corral de comedias de Tecali, se puede realizar su reconstrucción histórica-arquitectónica tomando en cuenta al edificio como *documento histórico* a interpretar, así como con la información obtenida a través de los análisis arquitectónicos, científico de laboratorio (químico y biológico), arqueológicos, e incluso con ellos hacer posible la recuperación del edificio histórico.

Los corrales de comedias, o «corrales»

Surgieron durante el Siglo de Oro español, siendo inmuebles donde se efectuaban las representaciones teatrales, sustituyendo las plazas públicas en las que siglos antes se realizaron. Consistían en patios interiores de ciertas casas, en los que, en una de sus fachadas se colocaba un tablado a manera de escenario; los espectadores se situaban en el patio y en los balcones del inmueble; en ocasiones se les dotó de gradas, telones y, en los balcones superiores, celosías para dar privacidad a los nobles que acudían al espectáculo (Hernández 1998, 17–21). A veces fueron creciendo de manera vertical buscando la comodidad de los asistentes. En su diseño no hubo intensión de dar solución alguna a problemas de isóptica, acústica, iluminación o escenografía.

Su uso llegó a Nueva España hacia 1597. Contaron con varios de ellos las principales ciudades, como México y Puebla de los Ángeles. Con el correr del tiempo, a estos espacios se les empezó a denominar de manera indistinta como corrales de comedias o coliseos (Rodríguez 1998, 63), tal fue el caso, a finales del siglo XVII y principios del XVIII, del ubicado en la calle de Arista en Puebla (Leicht 1980, 24). (Leicht 1980, 24).

En el virreinato, el primer edificio construido de manera expresa en él realizar representaciones fue el Coliseo de la ciudad de México (de 1673), ubicado en el claustro del Hospital Real de Naturales; poseía dos pisos de aposentos o palcos y estaba «techado de firme» (Olavarría 1895, 19). A partir de ese momento, se empezaron a realizar inmuebles destinados a este tipo de género arquitectónico, como el nuevo coliseo de la Puebla de los Ángeles, que se estrenó en mayo de 1760, cuyo proyecto lo realizó el maestro de arquitectura José Miguel de Santa María; su fábrica era en cal y canto presentando una planta en herradura para el área de la luneta (Terán y Velázquez 2007, 114–117; Cervantes 1938, 11). Este tipo de recintos también se edificó en poblados.

Corral de Comedias de Tecali

Hacia principios del siglo XIX, en uno de los predios de la parte poniente de la plaza principal del Tecali de Herrera, en el estado de Puebla (sitio famoso por sus canteras de alabastro, convento franciscano del siglo XVI y parroquia del XVII), se edificó un corral de comedias, edificio histórico con características propias de la arquitectura popular, único en su género. El corral estuvo en uso hasta el movimiento de la Revolución Mexicana (1910–1924) en que los integrantes de algún batallón militar dispusieron de los materiales constructivos de la techumbre de madera del corral de comedias como combustible para hacer fogatas con el fin de calentarse y cocinar sus alimentos.

Al perder su cubierta, el edificio quedó en un estado de deterioro lamentable, sólo estaban en pie los muros de mampostería de piedra, el arco del escenario, las bases de las plateas y las escaleras. Hace algunos años, la población del lugar junto con las autoridades estatales se interesaron por la recuperación del corral de comedias, haciendo posible se reconstruyera (figura 1).

Las tareas de restauración y reconstrucción requirieron indagar la manera en que se construyó tan interesante edificio, investigación que ha permanecido inédita y ahora damos a conocer.

El estudio necesitó de la investigación histórica y oral (buscar personas que hubieran conocido el corral en su infancia y que pudieran aportar algún testimonio), el trabajo *in situ*, toma de muestras de vestigios para analizarlos en laboratorio, el levantamiento tanto fotográfico, de los materiales y sistemas constructivos del inmueble, como el arquitectónico y su análisis, la



Figura 1
Estado de deterioro del corral de comedias de Tecali, Puebla. Foto. José Antonio Terán Bonilla.

intervención de arqueólogos que realizaran calas y estudios específicos: averiguar los niveles originales de los piso del foso del escenario, luneta, plateas y galería, así como indagar el material de sus pisos, búsqueda en los mechinales[1]y ranuras donde estuvieron empotrados ciertos elementos constructivos de madera tales como: vigas, morillos y tejamanil; ubicación de las bases de apoyo para los elementos constructivos verticales y pilares, así como evidencias que indicaran los niveles horizontales del tablado del escenario y tablones para el piso de la galería; para ello se tomó al propio edificio como fuente documental primaria. El análisis de toda esta información recabada en distintas fuentes (ya que en los archivos locales no se encontró documentación referente a su construcción) se obtuvo el conocimiento tanto del diseño del corral de comedias como de la manera en que fue construido, pudiéndose realizar una reconstrucción histórico-arquitectónica de ese edificio para su rescate y reutilización.

Se averiguó que el diseño del inmueble consistió en dos cuerpos de edificios independientes entre si; el primero, de un solo nivel, era una galería de planta rectangular y daba a la calle. Tal vez en él se localizaban la taquilla y área administrativa. El segundo estaba separado del primero y en él se realizaban las funciones de comedia. A diferencia de los corrales de épocas pasadas, éste se construyó de manera ex profesa para funcionar como tal, siguiendo el diseño arquitectónico de los coliseos, aunque de factura popular.

A este último inmueble nos avocaremos en el presente trabajo. De él indicaremos que sus dimensiones son pequeñas comparadas con las de los coliseos existentes en aquella época. Utilizó un sencillo diseño en el escenario, palcos y galería, aunque la configuración de la planta de la sala tenía ya forma de herradura, misma que se comenzó a usar en la Nueva España durante el siglo XVIII en los coliseos de las ciudades de México y Puebla.

Se trataba de un edificio con dos secciones: la destinada a albergar al público y la del escenario. La primera de ellas tenía planta en forma de herradura (ligeramente asimétrica en sus extremos: uno siguiendo la línea recta y otro con cierta curvatura). La entrada al recinto se colocó en la parte central externa de la curvatura de la herradura y daba a un vestíbulo cuya función era dar paso tanto a la luneta como a unas escaleras ubicadas a ambos lados para subir a pasillos, (delimitados por muros) que daban acceso a las plateas. Para entrar a éstas había puertas dispuestas de manera simétrica y rítmica. A un nivel superior que la luneta, a lo largo de dos plataformas que en conjunto tenían planta en forma de herradura, estaban localizados tanto los pasillos como las plateas.

La parte de enfrente del vestíbulo daba a un pasillo que conectaba a la sala principal del teatro o luneta, conformada por el espacio que quedaba al centro de la planta de herradura. Sobre las plateas, en un segundo nivel, se encontraba la galería con sus pisos de tablones de madera sostenidos por vigas, a la que se accedía por la parte exterior del edificio mediante una escalera colocada en el extremo curvo en que concluía la herradura. Un muro piñón[2] con un gran vano en su parte central en forma de arco rebajado para la boca escena, delimitaba el área de los espectadores y el escenario.

El proscenio o escenario tenía planta cuadrada. Su tablado era de madera con ménsulas de cantería para sostener sus vigas; no llegaba a cubrir todo el espacio, dejando un hueco en la parte frontal por el que se tenía acceso al foso que servía tanto para albergar los camerinos como para disimular la presencia de los apuntadores y músicos, cuando la obra representada los requería. Ambas secciones de este edificio estaban techadas por dos armaduras, una de ellas sumamente interesante (figura 2).

Entre los datos obtenidos a través de las fuentes mencionadas se pudo saber que en la entrada y en el escenario hubo cortinas de terciopelo rojo, los asistentes a las funciones acudían con sus propias sillas, conocer el diseño de los barandales y pilares, los niveles originales tanto de los pisos de cada sección, dimensiones del tablado del escenario, como de sus armaduras, al igual que la de los materiales utilizados en ellos y cuáles fueron éstos: losetas de ladrillo cuadrado en los pisos de la luneta y plateas, mampostería de piedra caliza irregular unida con mortero de cal-carena tanto en los cimientos como en los muros y escaleras; la utilización de madera de pino tanto en las vigas y tablones del entrepiso de la galería como en los que soportaban la tarima del escenario, material que también se utilizó en los pilares de este último; de color verde botella estaban pintados los pilares y barandales; el uso de tejamanil y morillos de pino, así como coyundas en las cubiertas. También se pudieron obtener datos para conocer las técnicas constructivas empleadas en la construcción del corral, entre ellas, las que aquí interesan: las armaduras de cubierta de las dos secciones de este edificio.

Figura 2
Plantas arquitectónicas del corral de comedias de Tecali, Puebla. Archivo del autor.

Armadura de la cubierta del corral de comedias de Tecali

Como se ha mencionado, los materiales que se utilizaron para la construcción de las armaduras del corral de comedias fueron: morillos, coyundas y tejamanil. Los morillos eran troncos de madera rolliza de un diámetro no mayor a 14 cm, a los que se les habían quitado las ramas y la corteza; se elegían aquellos que estuvieran derechos pues hacían la función de vigas. Se requirieron tanto de largas dimensiones (largueros o principales) como de otros más cortos (secundarios). Las coyundas eran correas o tiras largas de cuero con las que se unían los bueyes al yugo; su uso se adaptó a la construcción (figura 3).

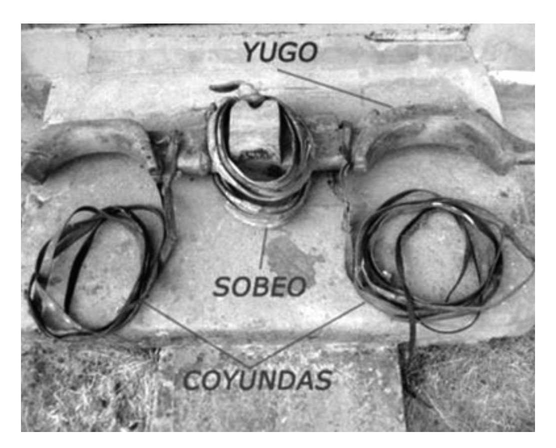


Figura 3
Coyundas como correas de amarre para sujetar el yugo a los bueyes. Foto tomada de: http://cuentoquenoescuento.blogspot.mx/2010/10/habla-popular-de-lumbrales-57.html

El tejamanil consistía en tablillas rectangulares de madera de pino que se utilizaban en lugar de las tejas de barro; debido a su sistema de elaboración eran

muy resistentes. Sus dimensiones podían variar; por lo común tuvieron una vara de longitud (unos 84 centímetros) siguiendo el hilo de la madera. «… y un palmo menor de ancho (83.79 × 10.47 centímetros aproximadamente); su sección transversal [espesor] era triangular o a manera de un trapecio extremadamente peraltado, con lo cual se configuraba una tablilla sumamente delgada (de 4 a 6 milímetros en un canto y 2 ó 3 en el contrario)». (Torres 2012, 148).

Para obtener el tejamanil se evitaba utilizar la corteza y el corazón de los troncos, los cuales se cortaban «de la longitud descrita y con diámetro aproximado a 20.94 centímetros (un palmo mayor), después se cortaban los troncos en cuatro partes en sentido longitudinal. Cada parte se señalaba de manera radial para formar tablillas del espesor que se ha mencionado y, por medio de un peine de madera dura, como encino o limoncillo, se desgajaban una a una las piezas». (Torres 2012, 148) (Figura 4).



Figura 4
Corte en los troncos de madera de pino para formar las tablillas de tejamanil. Foto: Luis Alberto Torres Garibay.

Sobre el entramado de la armadura de la cubierta, las tablillas de tajamanil se colocaban por hileras, con su parte de mayor longitud en el mismo sentido que los morillos principales o largueros, para con ello facilitar el mejor desagüe pluvial, ya que por la forma de su corte, la superficie de las tablillas presentaban pequeñas estrías por donde resbalaba el agua de lluvia. Su colocación se iniciaba de los aleros (zona baja del techo) hacia el caballete o cumbrera[3], dejando en la primera hilera una sección fuera del morillo con la finalidad de dar mayor durabilidad a la techumbre y además prever que el escurrimiento del agua llegara a los muros. El tejamanil al «colocarlo era necesario humedecerlo para evitar que se rajara al momento de clavarlo con espinas de tejocote [o maguey[4] como en Tecali, al entramado de la armadura de morillos] y fijarlo con cuerdas elaboradas con fibras de maguey» (Torres 2012, 150).

Las tablillas de tejamanil se iban poniendo de tal forma que quedaran prácticamente tocando a sus vecinas, teniendo en cuenta que sus juntas se montaran una sobre otra. A la vez, se colocaban de manera alternada, es decir, traslapadas unas con otras, para que las juntas de una tablilla con la que se encontraba arriba y debajo de ella no coincidieran, logrando una mayor resistencia a la filtración de agua hacia el interior del inmueble. Las espinas de maguey debían quedar cubiertas con el tejamanil de la siguiente hilera. Con todo ello además se obtenía una mejor sujeción a la armadura, evitando su deslizamiento por gravedad, pues las tablillas no poseían el mismo espesor en su superficie, y al colocar la parte más delgada sobre la más gruesa de la otra se lograba una efecto parecido al ensamblaje, mismo que se continuaba en las hileras siguientes de la armadura y a la vez mejor sujeción en la armadura.

De preferencia, la primera hilera de tejamaniles era doble. Las tablillas del alero en la zona baja del techo se reforzaban traslapándolas, siendo los tejamaniles de esta hilera primera e inferior de menor longitud que las de la hilera superior, por lo que en esa zona había dos morillos paralelos para recibir ambas hileras, colocados a una distancia menor a los siguientes morillos que estaban separados unos de otros de manera equidistante. En la zona del alero, en el primer morillo inferior se clavaba la primera hilera o de reforzamiento, usando las tablillas de menor longitud, y en el segundo, los tejamaniles de la segunda hilera, colocados sobre la hilera de reforzamiento, teniendo sus tablillas una longitud igual a las empleadas en el resto de las hiladas de la techumbre (figura 5).

En el corral de comedias de Tecali, la cubierta del escenario fue la más sencilla en su diseño. Para cubrir ese espacio se utilizó una armadura de dos aguas. Un morillo largo (larguero) corría del vértice de la pared del fondo del escenario, a un mechinal del muro piñón de la boca escena. Estaba sostenido por dieciocho morillos, nueve de cada lado, colocados de manera transversal al larguero de la cumbrera, de forma paralela y equidistante entre sí; se apoyaban directamente sobre el enrace de los muros laterales. En el otro extremo, que daba a la parte superior de la armadura, se

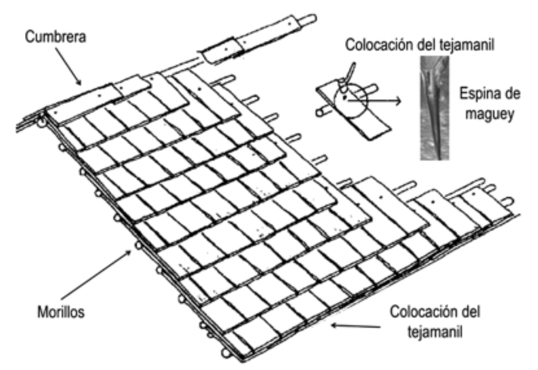


Figura 5
Dibujo que muestra el procedimiento de colocación del tejamanil.

cruzaban con los de la vertiente contraria para sostener el larguero del caballete. Toda esta estructura recibía un entramado de morillos de menores dimensiones colocados de manera paralela al larguero de la cumbrera. Los morillos se unían y fijaban entre sí por medio de amarres, utilizando coyundas de cuero con pequeños rebajos, con el fin de evitar se deslizaran, y mojadas para que al secar encogieran, obteniendo una fuerte sujeción en las uniones. Sobre este entramado se pusieron las piezas de tejamanil dispuestas en hileras comenzando desde los aleros hasta la cumbrera o caballete. Para fijar las tejas de madera se utilizaron, a manera de clavos, largas espinas de maguey. Por las dimensiones del claro a cubrir y estar directamente sostenida por muros en sus cuatro lados, esta armadura no requirió de tirantes de madera que le dieran mayor resistencia (figura 6).

La gran armadura utilizada para cubrir la sección del corral de comedias destinada a los espectadores

Figura 6
Plantas del armado de las cubiertas del corral de comedias. Foto: José Antonio Terán Bonilla.

fue mucho más compleja en su construcción. Para su descripción la dividiremos en tres partes: la primera corresponde a la zona de la luneta colindante al escenario, la cual se cubrió con una armadura a dos aguas con tirantes. Las calas y vestigios arqueológicos permitieron conocer el diámetro de los morillos utilizados, así como el número de ellos empleados, sus puntos de apoyo e inclinación (figura 7).

Para formar las dos vertientes de la cubierta a dos aguas se dispusieron, a semejanza de la armadura del escenario, seis morillos largos, tres de cada lado y cuatro secundarios entre los largueros, que al quedar colocados en su lugar, de manera paralela y equidistante entre sí, en su parte superior se cruzaban con los de la vertiente contraria con el fin de sostener al morillo larguero de la cumbrera que iba del vértice superior del muro piñón de la boca escena hacia un punto donde convergían los morillos que formarían la estructura del medio cono, que describiremos en la segunda sección (figuras 8 y 9). Dos de estos seis morillos quedaron casi empotrados en el muro piñón, información que se obtuvo por los vestigios encontra-



Figura 7
Ranuras en muros como testimonios arqueológicos para la reconstrucción de las cubiertas en el corral de comedias. Foto: José Antonio Terán Bonilla.

Figura 8
Corte longitudinal y transversal del corral de comedias donde se puede observar la colocación de los morillos en la armadura de la cubierta en forma de medio cono. Plano: archivo del autor.



Figura 9
Vista interior del corral de comedias donde se observan las armaduras a dos aguas de la sala y del escenario. Foto: José Antonio Terán Bonilla.

dos en la ranura de esa pared. Dichos seis morillos largos iban desde la cumbrera hasta quedar empotrados en el muro exterior del pasillo, además, apoyándose en la parte superior del muro de carga divisorio entre el pasillo y las plateas; en un nivel más elevado, se sujetaban a la viga madrina perimetral de sección cuadrada que se encontraba sobre los pilares de la galería. Sobre estos morillos se colocaron, de manera transversal, otros de menores dimensiones y diámetro para formar un entramado, estructura en la que se colocaron los tejamaniles de la manera anterior descrita. También en este caso los morillos se fijaron y unieron entre sí a través de coyundas (figura 10).

Más interesante y novedosa fue la solución de la armadura de cubierta en la segunda sección, única en su género, pues techaba la parte curva de la herradura. Para ello se emplearon seis morillos largueros o principales, colocados de manera simétrica y equidistante, pero dispuestos en abanico con el fin de formar una estructura de medio cono. (Ver figura 6). Estos largueros también iban empotrados en el muro de carga exterior del pasillo del inmueble y culminaban cruzándose de dos en dos en lo alto para sostener al morillo principal que salía del muro piñón, convergiendo sus puntos de unión en la cima, uniéndose entre sí mediante coyundas, apoyándose tanto en el muro de carga divisorio del pasillo y platea, así como en la viga madrina sostenida por los pilares de la galería (figura 11). Entre el espacio que había entre cada uno de los largueros se dispusieron otros morillos más cortos que, apuntando a la misma dirección y teniendo el mismo ángulo de inclinación, iban del muro de carga del pasillo a la viga madrina perimetral de la galería (coincidiendo con los pilares de esta área), y también se apoyaban en el muro de carga intermedio. Sobre toda esta serie de morillos largos y cortos, se colocaron otros de manera transversal formando un entramado en forma de medio cono; en los puntos de contacto de los morillos se les ponían coyundas para fijar las uniones y darles resistencia. Esta estructura recibió las tablillas de tejamanil colocadas en la forma ya mencionada.

Sobre la techumbre que cubría los pasillos, vestíbulo y zona de galería, partiendo del muro piñón a todo lo largo de la forma de herradura, se puso una tercera sección en la armadura de cubierta. Se supo de su existencia gracias a la ranura que había en el muro piñón y a los vestigios encontrados ahí. Se trataba de una segunda cubierta cuya función era dar

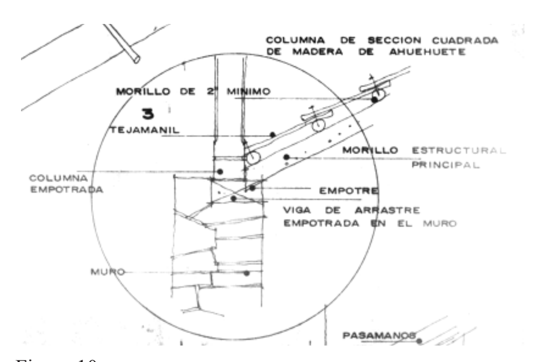


Figura 10.
Detalle de la sujeción del morillo en la viga de arrastre empotrada en el muro y desplante del morillo vertical para soportar la segunda cubierta. Archivo del autor.

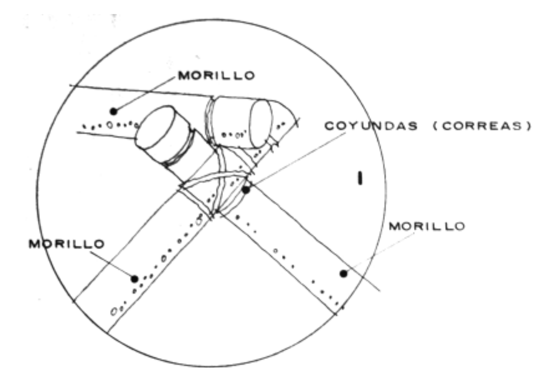


Figura 11
Detalle de la cima de la armadura con la unión de los morillos mediante coyundas de cuero. Archivo del autor.

mayor rigidez y resistencia a toda la estructura, evitando cualquier deslizamiento. En un corte en alzado formaban triángulos escalenos irregulares, donde el lado de mayor longitud era el obtenido por la techumbre que iba del muro exterior del pasillo a la viga madrina de la galería. El lado más pequeño era el formado por un apoyo vertical que estaba empotrado en dicho muro de carga como postes (que pudieron ser pilares de madera o morillos) que sostenía la armadura de cubierta, con la que se completaba el tercer lado del triangulo, estructura diseñada mediante un entramado de morillos largueros, que iban de los postes antes descritos a la viga madrina perimetral coincidiendo con los pilares de la galería. Encima esta techumbre iba cubierta por tejamanil. El diseño de esta armadura servía también para la ventilación e iluminación indirecta de la sección de la galería y a la vez brindaba protección a la cubierta inferior. (Ver figuras 8 y 12)

Conclusiones

A través de lo expuesto se pudieron comprobar las hipótesis planteadas, dando a conocer la manera en que se realizó la armadura de cubierta del corral de comedias de Tecali, techumbre que muestra una tecnología inusual en la región, pues aunque en lugares algo alejados y en otros estados de la república, sobre todo en Michoacán, se ha utilizado el tejamanil en techos de dos aguas, no hemos encontrado, para el siglo XIX, su uso para armaduras en forma de medio



Figura 12
Vista exterior del corral de comedias donde se observa la doble armadura de medio cono. Foto: José Antonio Terán Bonilla.

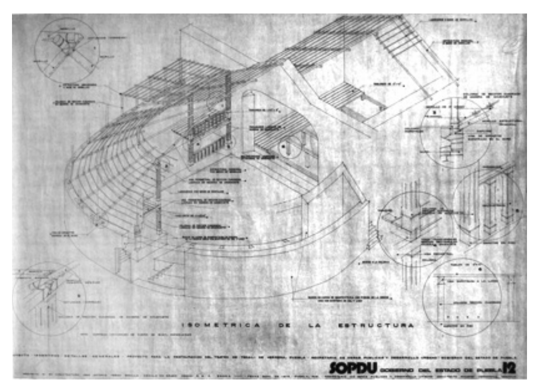


Figura 13
Plano isométrico de la armadura de medio cono y armadura a dos aguas de la sala y escenario. Plano: Archivo del autor.



Figura 14
Vista interior hacia las armaduras donde se observa el medio cono en la sala y la cubierta a dos aguas del escenario. Foto: José Antonio Terán Bonilla.



Figura 15
Vista interior del corral de comedias en uso, con público, después de su recuperación. Foto: José Antonio Terán Bonilla.

cono, por lo que la cubierta de Tecali aporta un sistema constructivo tanto por su diseño y solución, como por los materiales utilizados en su construcción, fábrica que, además, a pesar de ser de manufactura popular, reviste gran importancia por ser el único vestigio de inmueble antecedente del teatro en México (figuras 13, 14 y 15).

Notas

1. Mechinal: Abertura que se deja en las fábricas durante su construcción para facilitar la colocación de andamios, puente, etc. También para empotrar los morillos en los muros (Hidalgo 1960, 64).
2. Muro piñón: Parte superior de un muro que termina en punta, generalmente liso. (Vocabulario 1980, 344).
3. Cumbrera: Etim. Cumbre del lat. *culmen* cima. Caballete de tejado. Viga superior que divide las dos vertientes en una cubierta a dos aguas (Terán 1998, 392).
4. Maguey: En México (…) se aplica a numerosas especies del género *agave*, propias de las regiones áridas; se utilizan para la obtención del alcohol, como textiles y por el aguamiel (Diccionario 1979, 454).

Lista de referencias

Cervantes, Enrique A. 1938, *Bosquejo del desarrollo de la ciudad de Puebla*, México: s.e.

Diccionario Porrúa de la lengua española, 1979, México: Porrúa.

Hernández García, Carmela. 1998, *Fondo y forma del teatro del Siglo de Oro*, Madrid: Avispa.

Hidalgo del Soto, Joaquín. 1960, *Diccionario de términos arquitectónicos, constructivos, biográficos y de tecnología de los oficios*, Madrid: Impreso en el Instituto Geográfico y Catastral.

Leicht, Hugo. 1980, *Las calles de Puebla*, Puebla: Junta de Mejoramiento Moral, Cívico y Material del Municipio de Puebla.

Olavarría y Ferrari, Enrique de. 1895, *Reseña Histórica del Teatro en México*, *tomo I*, México: Casa editorial La Europea.

Rodríguez. B., Orlando. 1998, Lugares de representación en América durante la época virreinal. *II Congreso Iberoamericano de Teatro: América y el teatro español del siglo de Oro*. Cádiz: Festival Iberoamericano de Teatro, Universidad de Cádiz.

Terán Bonilla, José Antonio, 1998, *La construcción de las Haciendas de Tlaxcala, México*, (1ª Impresión), México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, (Colección científica. Serie Historia).

Terán Bonilla, José Antonio y Luz de Lourdes Velázquez Thierry. 2007, *José Miguel de Santa María. Arquitecto del barroco poblano*. Puebla: Secretaría de Cultura, Gobierno del Estado de Puebla.

Torres Garibay, Luis Alberto, 2012, La transmisión de la tradición en la técnica del tejamanil para construir, patrimonio inmaterial de la cultura purhépecha. *Coloquio Internacional. La transmisión de la tradición para la salvaguardia y conservación del patrimonio cultural*. Campeche: SEP-CONACULTA.

Vocabulario Arquitectónico Ilustrado, 3ª. ed. México: SPN, 1980.

Estereotomía de la cubierta de la Basílica de la Salud de Pátzcuaro, Michoacán, México

Luis Alberto Torres Garibay

El estudio de la tecnología de la arquitectura en sus diversos tiempos históricos, es un universo de conocimientos que paulatinamente han evolucionado, siempre con la intención de mejorar las condiciones de estabilidad, expresividad, funcionalidad, materialidad y adaptación al medio físico geográfico de cada lugar; condiciones siempre relacionadas con los materiales, los sistemas constructivos, el comportamiento estructural de los componentes y las condiciones de uso de las edificaciones.

En este tenor, la arquitectura del pasado, que forma parte del patrimonio construido, y se encuentra nutrida con las aportaciones de diferentes disciplinas, nos permite observar y reflexionar con referencia a cada una de las condiciones antes señaladas, características de la arquitectura que han ido determinando los avances en distintas áreas del conocimiento. Así es posible observar por lo que a la disciplina de la estereotomía corresponde, destacados desarrollos en el arte de cortar los sólidos para construir.

Desde tiempos anteriores a la llegada de los españoles en tierras mesoamericanas, las culturas indígenas de México, habían desarrollado finas habilidades para labrar la piedra con herramientas del mismo material; asimismo, la madera era tratada con grandes habilidades, para construir viviendas y edificios de mayores dimensiones para la clase dirigente.

El caso de Michoacán, ubicado en el Occidente de México, es relevante debido a la destreza que la cultura purépecha desarrolló para construir (Jacinto 1988, 49) ya que, se distinguieron por su habilidad para la talla de la madera y labra de la piedra (Alcalá 1980, 34). Artesanos de las diferentes regiones de la cuenca lacustre de Pátzcuaro, se encargaban de diversas tareas de construcción, especializados en cada una de ellas.

> Todas las construcciones tarascas eran de madera, con excepción de las bases de los templos y quizá también de los juegos de pelota y de algunas fortificaciones, que fueron hechas de piedra. Las casas (*Cuahta* en Tarasco), de planta rectangular, tenían paredes de carrizo, con palos o columnas de madera en los ángulos o puntos convenientes, y techos a dos o cuatro aguas, de paja pues llueve en la región copiosamente. Las casas del Calzonci (*iréchequecuahta*) eran de madera escogida y mejor labrada, con varias salas y con pórticos exteriores, y situadas alrededor de un patio (Bravo 1995, 108).

Una vez establecida la cultura española e instaurada la etapa virreinal, la mezcla de conocimientos dio como resultado, avances significativos en las diversas vertientes de la arquitectura.

En el rubro de la construcción de cubiertas de madera, durante la etapa virreinal en lo que fue el Obispado de Michoacán, el desarrollo fue amplio, debido a la vocación boscosa del territorio y a las capacidades artesanales de los habitantes locales, con lo cual se desarrollaron grandes obras de construcción de cubiertas de templos, elaboradas con el sistema de media tijera. Este sistema de construcción de cubiertas dominó casi en su totalidad la forma de construcción en la Nueva España, trascendiendo su uso en etapas

posteriores, perviviendo en la vivienda tradicional de los poblados en muchas regiones de México.

En toda la cuenca lacustre de Pátzcuaro, el sistema constructivo de media tijera dio pauta para cubrir los espacios de naves de templos que por lo general no superaron los 12.50 metros de luz interior, resolviendo de forma eficiente los claros libres de esta magnitud como el ejemplo del templo del convento franciscano de Erongarícuaro, ubicado en la ribera del lago (figura 1).

Sin embargo, el caso de la Basílica de la Salud de Pátzcuaro, correspondiente a la nave central del ambicioso proyecto catedralicio de Vasco de Quiroga, primer obispo de Michoacán (Chanfón 1994, 125), superó el claro interior a librar, avanzando la amplitud del espacio hasta los 16.40 metros de luz interior; no obstante, esta nave que en origen se cubriría por una bóveda de piedra, debido a la imposibilidad de continuar con el proyecto original, se cubrió con el sistema de media tijera, originándose con esto que desde el siglo XVI hasta muy entrado el siglo XIX, sufriera constantes desajustes, problemas estructurales y colapsos parciales, al grado de dejar el inmueble sin uso en diversos periodos de tiempo.

Fue a finales del siglo XIX, que con motivo de los constantes desajustes de la cubierta, se decidió su sustitución, utilizando un novedoso sistema constituido por arcos laminares, con lo cual fue posible cubrir el claro libre y evitar los constantes problemas que se generaban en el edificio.

El sistema constructivo y estructural usado para cubrir el claro libre de esta amplia nave se expone a continuación, haciendo énfasis en las innovaciones tecnológicas que fueron usadas para resolver el problema. Se explican las soluciones obtenidas y aplicadas con base en el modelo de cubierta de arcos laminares de madera, cuyo diseño se atribuye a un modelo de origen francés, que al ser interpretado en sus ventajas estructurales y, aplicado de forma especial adaptándolo al caso mexicano, contribuyó a la elaboración de una cubierta totalmente estable y que hasta ahora sigue funcionando con gran eficiencia estructural.

La investigación se fundamenta en revisión documental y observaciones directas realizadas en el edificio, donde fue posible hacer levantamientos y registros, midiendo componentes y dibujando esquemas que fueron útiles para hacer las reflexiones inherentes a la capacidad estructural del modelo utilizado.

La solución otorgada para cubrir la nave del templo entre los años de 1872 y 1883, fue factor fundamental para la permanencia y protección de este importante monumento histórico. Destacan en este hecho las habilidades de los artesanos michoacanos y las capacidades materiales maderables que siempre han existido en la zona de la cuenca lacustre de Pátzcuaro; aspectos que coadyuvaron para resolver un problema que por muchos años había sido motivo de constantes obras y periodos en los que el templo tuvo que permanecer sin uso.



Figura 1
Localización de Pátzcuaro en el antiguo obispado y en el actual estado de Michoacán, México. (Torres 2012, 143).

Antecedentes

La llegada de Vasco de Quiroga a Michoacán y su instalación en Tzintzuntzan, que había sido la capital del señorío Tarasco (Purépecha), no fue del todo aceptada como sitio destinado para establecer la sede del obispado; Quiroga, con su fuerte personalidad y sentido crítico, decidió trasladarse a Pátzcuaro, por considerar el sitio con mejores condiciones de clima y salubridad. Establecida la sede del Obispado en Pátzcuaro, inició el proyecto de su Catedral, con la advocación de San Salvador. Planteó una obra catedralicia de gran magnitud e importancia, su singular carácter y personalidad explican este proyecto que para ese momento se concibió fuera de las normas establecidas (Chanfón 1994, 124).

La configuración del conjunto catedralicio, que se encuentra representado en el escudo de armas de la ciudad (Chanfón 1994, 126), se proyectó de cinco

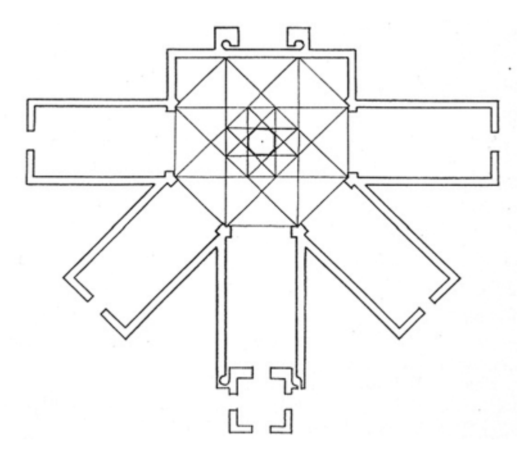


Figura 2
Reconstrucción hipotética de la planta de la catedral de Pátzcuaro (Chanfón 1994, 217).

naves en forma de mano extendida a manera de abanico (Ramírez 1986), formando en la confluencia de las cinco naves el área del altar y presbiterio (Chanfón 1994, 215), (figura 2).

La concepción original del proyecto tenía considerado cubrir cada una de las naves por medio de bóvedas de cañón corrido y en la parte central, una gran cúpula a media naranja con lunetos limitada por un tambor octagonal con ventanales (figura 3).

Del proyecto original, al parecer solo se construyó la nave central (Chanfón 1994, 125); existen varias incógnitas al respecto, las que hacen falta despejar; sin embargo, en la actualidad solo permanece construida y en uso la nave central, concluida por medio de un ábside semicircular que dio espacio al presbiterio donde se asienta el altar (figura 4).

Los muros longitudinales de la nave, que en origen apoyarían la cubierta abovedada, fueron elaborados de piedra con altura de 15.25 metros hasta el desplante actual de la cubierta y grosor de 3.30 metros, criterio estructural que ostentaba su configuración de muros contrafuerte para recibir las bóvedas de piedra. Si bien es cierto que la construcción del templo duró 30 años (1540–1570), las objeciones planteadas en 1560 hacen pensar que fue uno de los motivos para que el proyecto de cinco naves no se llevara a cabo (Chanfón 1994, 125), (figura 5).

De una u otra forma, no fue posible elaborar la cubierta de piedra en forma de bóveda de cañón corrido, por lo que es de suponer que se optó por el sistema acostumbrado en la región, usando el recurso de media tijera, lo cual infiere grandes dificultades estructurales desde el momento de la elaboración de los componentes. No se han detectado datos que in-

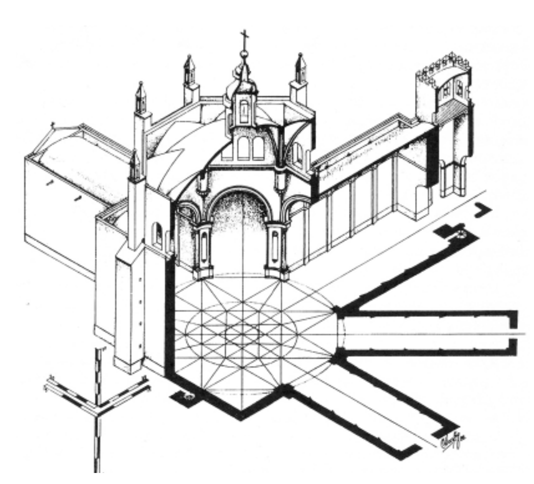


Figura 3
Isometría de la reconstrucción hipotética de la catedral de Pátzcuaro (Chanfón 1994, 241).

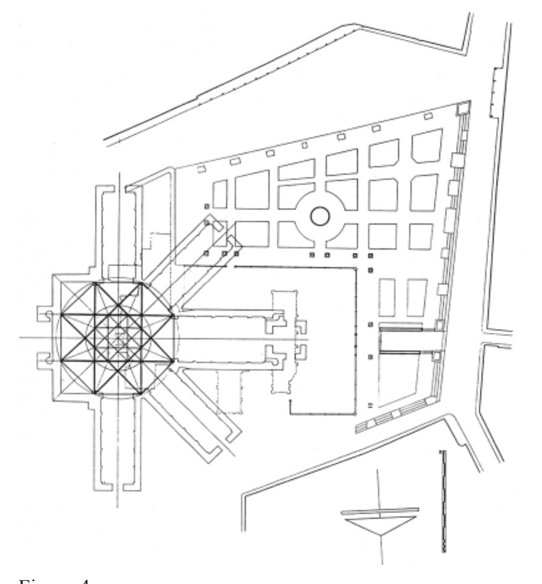


Figura 4
Esquema de la catedral de Pátzcuaro en la actual plaza de la Basílica (Chanfón 1994, 238).

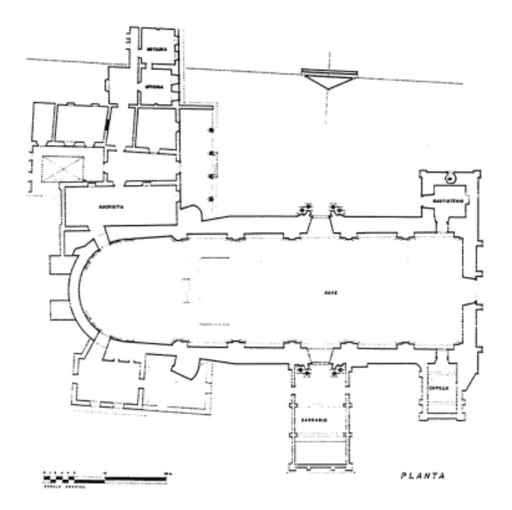


Figura 5
Planta actual de la Basílica de la Salud de Pátzcuaro Ramírez (Ramírez 1990).

diquen la combinación de la media tijera con el sistema de zapatas en saledizo para disminuir el claro; tampoco se tienen datos que indiquen la inserción de bóveda de madera con nervaduras de cerchones o trapezoidal a base de faldones. Los pocos datos encontrados solo comentan el uso de la media tijera.

No obstante el gran claro a cubrir, el templo desarrolló los servicios religiosos salvando las vicisitudes que se fueron presentando desde sus orígenes hasta muy avanzado el siglo XIX. En 1801 hubo tres sismos; 27 de mayo, 17 de julio y 27 de julio, los que causaron daños en la ciudad de México, Oaxaca, Veracruz y Puebla. En Pátzcuaro, el sismo del 17 de julio dejó dañada la cubierta de la Basílica, por lo que tuvieron que ser suspendidos los servicios religiosos hasta el año de 1805 que fue reparada la cubierta.

En 1871 nuevamente los movimientos de tierra causaron daños en el edificio, situación que obligó a su reparación a través de las obras que se llevaron a cabo de 1872 a 1883. Para este momento, los constantes deterioros a los que había estado sujeto el templo, dieron motivo para la sustitución de la cubierta de media tijera, por otra diseñada con geometría totalmente diferente, haciendo uso de los adelantos tecnológicos del momento. El sistema de arcos laminares, alfardas, cruceros y jabalcones combinando la estereotomía de madera con elementos metálicos, dio pie para la construcción de una techumbre con mayor capacidad de resistencia para cubrir de forma eficiente el claro de 16.40 metros.

El sistema de arcos laminares, alfardas y jabalcones

Esta solución parece ser caso único en México y en la región de la cuenca lacustre de Pátzcuaro. Proviene del diseño francés ideado por el ingeniero M. Emy para cubrir un claro de 20 metros en un cobertizo para usos agrícolas. En los trabajos de investigación que se realizaron con relación a la cubierta actual de la Basílica de Pátzcuaro, se pudo observar la similitud de esta solución con el sistema desarrollado por Emy; razón por la cual, se realizó un estudio analógico, comparando el caso local mexicano con el tipo de solución francesa (Oslet 1890, 352).

El sistema ideado por Emy, denominado como estructuras de arcos formados por tablones curvos sobre su plano horizontal, está compuesto por largos maderos de pino, superpuestos entre sí a manera similar como se colocan las muelles de suspensión de un carro y cuya forma es curva sobre el espacio que se pretende cubrir.

La forma de unir esta sucesión de láminas de madera es por medio de pernos y estribos metálicos, colocados los primeros a través de una perforación central y los segundos abrazando los maderos para lograr la sujeción (figura 6).

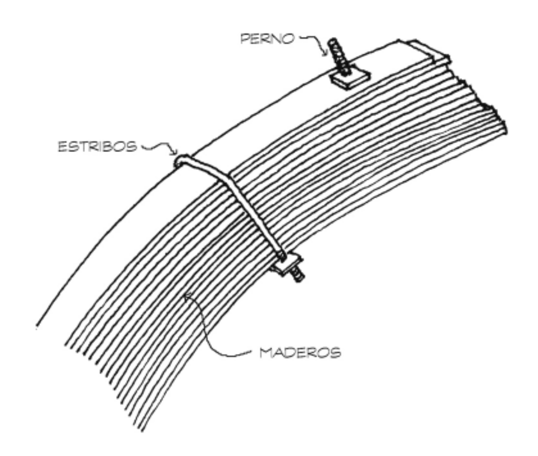


Figura 6
Detalle de las fajillas que forman los arcos laminares, abrazaderas y pernos (Oslet 1890).

Cuando los maderos no son suficientemente largos para formar el arco de una sola pieza, se ensamblan en liga, teniendo cuidado de que las juntas no tengan coincidencia con los riñones cuando se trata del extradós, ni en la cúspide del arco, cuando se trata del intradós. Los pernos, cuya longitud depende del espesor del arco, deberán quedar espaciados a cada 0.80 metros de eje a eje y con un diámetro de 0.018 metros. Los estribos se colocan en los intervalos de los pernos para componer el conjunto de elementos de sujeción de los maderos, dando la forma deseada del arco.

Para lograr esta forma según la descripción de Emy, autor del diseño, para un edificio que debía librar 20 metros de amplitud, cada uno de los arcos se construyen sobre un escantillón horizontal, dispuesto de la forma más conveniente según el sitio donde se trabaja. Sobre cada uno de los arcos descritos, se colocan vigas a manera de alfardas y jambas verticales de contrarresto (jabalcones) armadas de dos brazos tensores y de un tirante horizontal que funciona a manera de nudillo, cierran el sistema, una serie de cruceros colocados normalmente al arco (figura 7).

El arco es entonces la pieza principal de todo el conjunto, es en su forma y disposición constructiva que reside la fuerza de sustentación y las demás ventajas inherentes a su gran capacidad de soporte y alcance de claro libre. Las caras planas del arco (caras del peralte) así como los cruceros normales, tienen cortes de un centímetro de profundidad con objeto de ensamblarse entre sí para detener cada uno de los maderos que forman los arcos y eliminar cualquier tipo de deslizamiento que éstos pudieran sufrir.

Las jambas de dos brazos (jabalcones) se ubican a una distancia de 0.10 metros de los muros, pero los tres primeros cruceros de cada lado, se prolongan más allá de éstas, penetrando 0.20 metros en compartimientos preparados en los muros, de 0.30 metros de profundidad. Esta solución no persigue apoyarse en la mampostería de los muros ya que la estructura descrita no produce esfuerzos. Se trata exclusivamente de mantener los maderos en planos verticales y de impedir el balanceo de la estructura en el sentido de la longitud del edificio (figura 8).

No sería posible agregar cruceros sin aumentar inútilmente el peso de la estructura; por tal razón, los

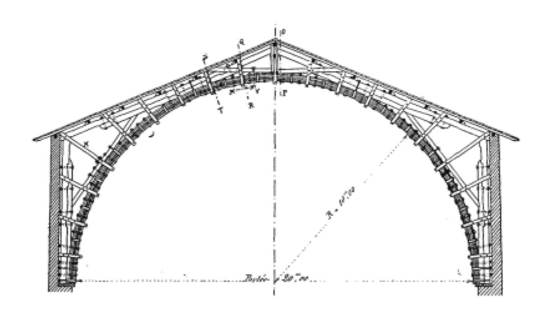


Figura 7
Elevación transversal del modelo francés de la cubierta (Oslet 1890).

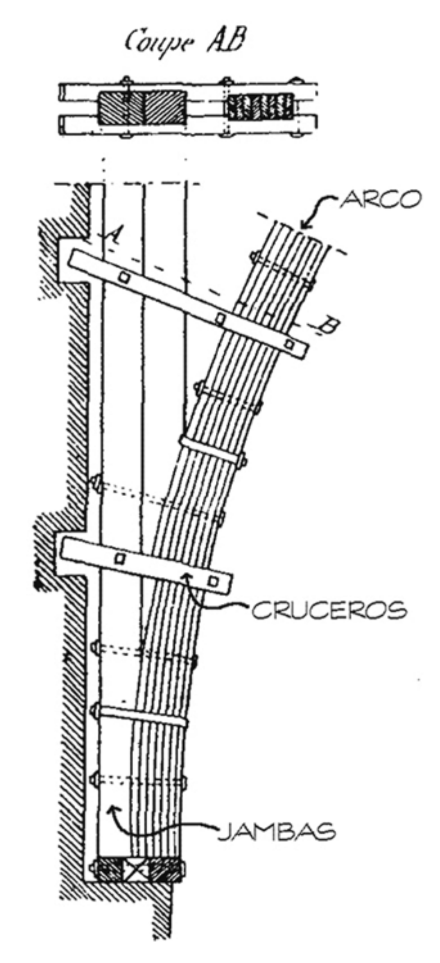


Figura 8
Detalle de las jambas y cruceros en los arranques del arco (Oslet 1890).

estribos y los pernos metálicos colocados en las muelles del arco, se oponen al deslizamiento de éstas. Los cruceros, los estribos y los pernos hacen que cada componente laminar del arco, trabaje solidariamente unos con otros para presentar oposición contra la natural tendencia a enderezarse. En un arco de 5 muelles y de 20 metros de luz, el desarrollo del extradós es 0.60 metros mayor que el intradós; por lo tanto, la posibilidad de que el arco se enderece no existe en virtud de la sujeción de estribos, pernos y cruceros.

La tendencia de los arcos a enderezarse es por tanto muy débil, éstos, ensamblados con sus ligas o estribos, sin cruceros ni pernos y abandonados súbitamente sobre la obra en construcción, solamente se abren como máximo 16 centímetros, tocando 8 centímetros por cada extremo, de esta forma, el empuje propiciado por el arco es poco más que nulo.

En la parte superior y a los costados de cada arco, se forman tres grandes triángulos con las jambas, las alfardas, los brazos y el tirante. Su combinación con el arco y los cruceros concéntricos al arco, componen una red invariable que permite la flexibilidad de los maderos y el juego de ensamblajes. Es principalmente la rigidez o el resorteo de los arcos, lo que produce la invariabilidad de forma y lo que destruye enteramente el empuje sobre los muros.

Para este caso al que se hace referencia, la construcción del hangar de Marac, con 20 metros de luz, las muelles o maderos que entran en la composición de cada arco, tienen 0.055 metros de espesor, 0.13 metros de ancho y 12 a 13 metros de longitud. Dos tramos con estas longitudes, colocados en juntas escuadradas, son suficientes para cubrir el desarrollo total del arco. Las juntas quedan distribuidas de tal forma que ninguna de éstas coinciden con otra del madero subsecuente y solamente se encuentran tres juntas como máximo en cada recorrido laminar, siendo en la mayoría de 2 juntas por recorrido. De esta forma en el total de cada arco, solo existen de 10 a 12 de estas juntas.

Todas las piezas de las alfardas tienen 0.13 metros de ancho así como las flechas, con excepción de las jambas de fuerza que tienen un espesor de 0.20 metros. Las alfardas están reforzadas en su parte media por maderos inferiores que permanecen ligados a través de los cruceros normales al arco, los que corren desde el intradós hasta el lecho alto de las alfardas. En el sentido longitudinal de la estructura el sistema queda ligado, a través de largueros horizontales reforzados con elementos en forma de cruz de San Andrés (figura 9).

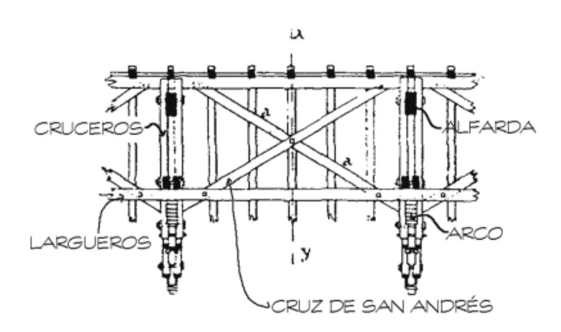


Figura 9
Sistema de enlaces entre arcos (Oslet 1890).

En términos generales, se mencionan las condiciones más importantes que el autor del diseño buscó para obtener la eficiencia estructural requerida. La condición principal fue que cada una de las alfardas constitutivas del sistema de cubierta, no ejerciera ningún empuje sobre los muros, aspecto que, como se vio, se cumple cabalmente. La otra condición fue, que pudiera sustentar una cubierta pesada sin perder en nada su forma o elevación y su sencillez, razón por la cual ésta fue probada a 11,000 kilogramos sin que el sistema manifestara algún daño.

Al respecto del sistema, M. Emy realizó otros diseños fundamentados en el mismo principio, los que alcanzaron de 40 a 100 metros de luz, sin embargo, se ha considerado pertinente, el análisis de la estructura descrita, por encontrarse como la más apegada a las características del caso estudiado, el ejemplo local de la Basílica de Nuestra Señora de la Salud de Pátzcuaro.

La Basílica de la Salud de Pátzcuaro

Localización

La Basílica de Nuestra Señora de la Salud se ubica dentro de la ciudad de Pátzcuaro, forma parte dominante del entorno urbano por encontrarse situada en el punto más alto de la ciudad, sitio en el cual se encontraba el recinto religioso indígena. (Chanfón 1994, 120)

Se encuentra al oriente sobre la parte alta de la ladera, está rodeada por las calles de Árciga y Portal de Rayón al poniente; Agustín Abarca y Portal García Pueblita al sur; al norte la calle Jardín de la Basílica y; al oriente colinda con el caserío que conforma la manzana (figura 10).



Figura 10
Basílica de la Salud de Pátzcuaro (Fotografía: archivo personal).

La cubierta de la Basílica de Pátzcuaro

La Basílica de Pátzcuaro, la gran obra ideada por Vasco de Quiroga, tiene en la actualidad una cubierta que responde al sistema descrito con anterioridad. Esta cubierta, como se comentó en líneas anteriores, fue colocada entre 1872 y 1883, periodo en el cual se realizaron fuertes obras de remodelación (Alcalá 1980, 46) y que coincide con la etapa temporal en la cual fue ideado por M. Emy este sistema.

Por el interior se aprecia la bóveda que geométricamente es un cañón corrido a lo largo de la nave, de arco ligeramente rebajado construido de gruesos tablones de madera. Cada tablón está colocado longitudinalmente a la nave y adosado uno con otro, de tal manera que en el recorrido radial dan la forma de cañón corrido al intradós. Se sujetan en sus extremos a los arcos laminares, por medio de clavos y en las partes intermedias por medio de cintillas de madera que a su vez se sujetan de los largueros de la cubierta.

Cabe destacar la diferencia existente entre esta bóveda y las de cerchones que son comunes como sistema constructivo en las cubiertas de otros templos como la Compañía de Jesús en Pátzcuaro, la de San José Huecorio y la de Santa Fe de la Laguna. En el caso de la Basílica, la bóveda es totalmente esclava del sistema general de cubierta, es decir se encuentra adherida a ella exclusivamente. En los otros casos los arcos constituidos por medio de cerchones, cumplen la función de soporte estructural de cada uno de los componentes de la bóveda.

La totalidad del intradós presenta una superficie uniforme constituida por una tela estucada entre las juntas de los tablones, que logra una textura lisa y que ha sido decorada de tal forma que en ella no se advierte su origen constructivo de madera.

La cubierta por su sistema de construcción, difiere de los demás casos que son comunes en las naves de templos en la cuenca lacustre de Pátzcuaro, debido al sistema utilizado que conforma una armadura dinámica, que permite salvar un claro libre sensiblemente mayor que los acostumbrados, tiene una alta capacidad de carga y evita la transmisión de esfuerzos diagonales sobre los muros.

Está cubierta está elaborada con arcos laminares, alfardas, jambas verticales de contrarresto (jabalcones), tirante horizontal y cruceros construidos de madera; pernos y estribos de elaboración metálica. El claro que libra en total es de 16.40 metros de paño a paño interno, apoyándose el sistema sobre una superficie que se logra a través de un escalonamiento en el muro con una amplitud medida de 1.20 metros cada uno; a esto debe agregarse la porción complementaria de muro y pretil que alcanza 2.10 metros de espesor en cada lado, con lo cual se tiene una amplitud a paños exteriores de 23.00 metros, los muros en total tienen un espesor de 3.30 metros medidos en la base donde nacen los arcos que son segmentos de círculo de casi 8.20 metros de flecha medida al intradós. Del intradós a la cumbrera (la parte más alta al exterior de la cubierta) se miden 5.25 metros de altura, con lo cual se alcanzan 13.45 metros de longitud medida desde la cuerda hasta la cúspide de la cubierta (Toussaint 1992, 39), (figura 11).

Sin embargo, aunque la cubierta de la Basílica responde cabalmente al modelo propuesto por Emy, existen diferencias y similitudes entre uno y otro, las que seguramente obedecen en cada caso a la intencionalidad del diseño, de acuerdo con la finalidad e incluso con el clima y por supuesto, en el caso de la Basílica, por su condición de área de incidencia sísmica.

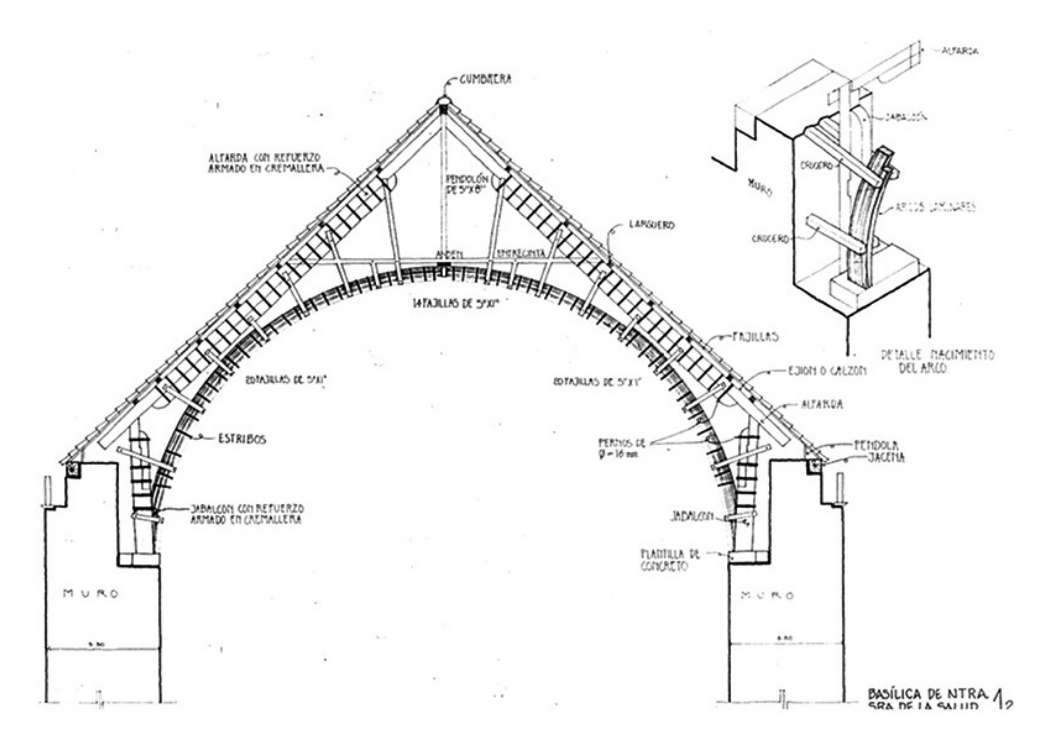


Figura 11
Elevación transversal de la cubierta de la Basílica de Pátzcuaro (Ramírez 1990).

La cubierta en la Basílica de Pátzcuaro, inicia con 18 maderos de 0.13 metros de ancho que originan en conjunto un peralte de 0.40 metros; aumenta a 20 maderos del mismo ancho en las áreas comprendidas por los riñones dando un peralte de 0.44 metros y disminuye entre los riñones a 14 maderos del mismo ancho para lograr 0.32 centímetros de altura. En el caso de Marac, se mantiene con 8 maderos de 0.55 metros de espesor, lo cual arroja un peralte de 0.44 metros y ésta se mantiene en todo el semicírculo con el mismo número de maderos. Sin embargo, la cubierta de Pátzcuaro no fue dotada de los brazos tensores que forman los triángulos laterales entre las alfardas y los arcos (figura 12).

Destaca en la solución de la Basílica, el refuerzo en el área de los riñones para mejorar las condiciones estructurales y la disminución de componentes entre los riñones para propiciar un aligeramiento y disminuir los pesos propios del arco, aspecto que quizás proporcionó al constructor de esta cubierta, la posibilidad de eliminar los brazos tensores.

Las jambas o jabalcones en este caso, están colocadas ligeramente inclinadas al exterior, son más cortas y permanecen al igual que el modelo francés, flejadas por medio de estribos metálicos y encachetadas por medio de cortes diagonales y transversales para evitar el deslizamiento.

Con relación a las alfardas, éstas se ubican con una inclinación sensiblemente mayor, mientras el modelo de Emy mantiene una inclinación de 28 grados, lo cual motiva las jambas más alargadas al igual que los muros; el caso local es de 42 grados de inclinación, propiciando vertientes sumamente peraltadas y jambas o jabalcones cortos (3.80 metros de longitud). El refuerzo de las alfardas se soluciona de igual manera, a través de estribos metálicos repartidos a lo largo del refuerzo que también se ensambla por medio de cortes diagonales y transversales para formar escalonamientos que evitan los deslizamientos.

El tirante tangencial al extradós del arco, es un elemento permanente al igual que el diseño de origen, se enlaza con las alfardas y cruceros que componen el



Figura 12
Imagen parcial de la cubierta (Fotografía: archivo personal).

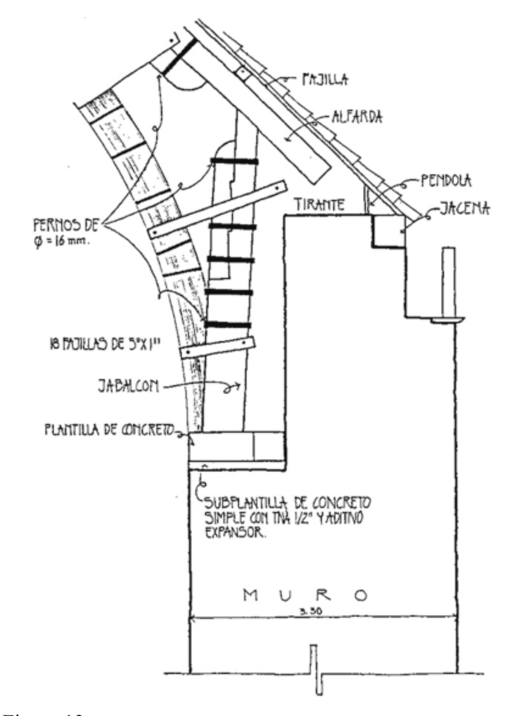


Figura 13
Detalle de arcos, cruceros y alfardas (Fotografía: archivo personal).

sistema, los ensambles se solucionan a través de cortes a media madera encachetando las piezas por ambos lados y sujetándolas por medio de pernos metálicos (figura 13).

Dispone de 17 cruceros contra 19 que presenta el sistema modelo, éstos están de igual forma, dispuestos normalmente al arco y ensamblados por medio de cortes a media madera sujetándose con pernos metálicos. Los cruceros que se ubican enlazados con las jambas, quedan libres en su extremo exterior en razón del hueco previsto entre las jambas y la prolongación del muro (figura 14).

Otro aspecto importante que debe ser mencionado es el concerniente a la conformación constructiva en el área del ábside. Con toda habilidad se conformaron siete medios arcos colocados de forma radial, siguiendo el recorrido circunférico del presbiterio. En la cúspide, donde confluyen estas siete mitades de ar-

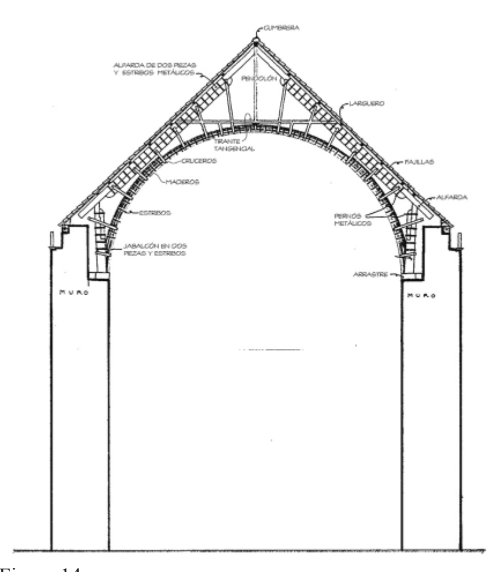


Figura 14
Dibujo de la elevación transversal de la nave (Elaboración propia).

cos y coinciden con el primer arco transversal de la nave, se forma un trompo también construido de madera, el cual funciona a manera de llave para recibir las estructuras y cerrar el sistema de arcos.

Complementan el sistema, largueros de vertientes, hilera, fajillas y tejas; estas últimas, por razón de las vertientes sensiblemente inclinadas, están elaboradas con tacones en los extremos para enlazarse entre ellas mismas y las fajillas (figura 16).

De la totalidad de los casos de naves de templos analizados en el estudio que se hizo entre 1997 y 1999 (Torres 2002) para revisar los sistemas constructivos de las estructuras de las cubiertas de 16 templos de la cuenca lacustre; la Basílica de Pátzcuaro es la que tiene el mayor claro libre y el único ejemplo que presenta el diseño descrito. Es posible, como ya se dijo, que a nivel nacional no exista otra solución similar, ya que en ningún documento revisado, se hace referencia a este sistema ni se tiene noticia de su aplicación en otros casos mexicanos.

Al interior del recinto, se aprecia como una techumbre en forma de bóveda de cañón corrido. Lo relevante del caso es que, por la magnitud del claro a librar de 16.40 metros, la bóveda además de apoyares en los extremos sobre los muros, se aprovecha también de la estructura de la cubierta para sujetarse y complementar su estabilidad.

Conclusiones

Es necesario señalar la importancia que tiene la existencia de esta solución estructural de cubierta en territorio mexicano; sin duda es inspirada en el modelo francés del coronel Emy. La aportación del ejemplo consiste precisamente en la aplicación del sistema en un inmueble cuyas características, además de presentar un gran claro a cubrir, habían sido principalmente de inestabilidad motivada por los constantes movimientos sísmicos, los que habían ocasionado el colapso de la antigua cubierta de tijeras. La inserción de este sistema dinámico ideado para soportar grandes cargas y absorber intensos movimientos, permitió dar solución al problema que en 1872 debió ser el reto a salvar para devolver al culto la catedral de don Vasco.

Destacan también otros elementos de carácter estructural que en el diseño de Emy no existen y en el caso local aparecen e indican una adaptación inteligente de su constructor; en los arcos laminares, la colocación de un mayor número de maderos para aumentar la resistencia entre el arranque y los riñones, lográndose así una mejor consistencia en esta área y evitando su continuidad hasta la cúspide para eliminar pesos innecesarios donde los requerimientos estructurales generalmente son menores. Con esta solución, fue posible eliminar los brazos de alfardas y piernas que con motivo de la acentuada inclinación de las vertientes, era poco factible su acomodo.

De igual manera es ingeniosa la solución de equilibrio logrado entre inclinación de alfardas, longitud de piernas o jabalcones y altura del muro; contrario al ejemplo francés, la mayor inclinación de las vertientes, permitió disminuir altura de jabalcones y por lo tanto tener un muro de respaldo muy corto, eliminando así la posibilidad de colapso de éste ante los constantes movimientos sísmicos.

Puede ser considerado como aportación, el sistema radial de medios arcos colocados en el área del presbiterio. Con todo conocimiento, el constructor de esta estructura, aprovecha el recurso de los arcos laminares y, valiéndose de un carrete o trompo construido de madera, apoya en la cúspide los arcos circunféricos para cerrar la zona del ábside en forma de media naranja.

El autor de la cubierta conocía perfectamente el funcionamiento y virtudes del sistema, supo adaptarlo al caso específico de la Basílica ya que, después de un largo antecedente de siniestros ocurridos en este edificio, la actual cubierta ha resistido diversos embates sísmicos y ha demostrado su capacidad estructural.

Lista de referencias

Alcalá, Fray Jerónimo de. 1980. *La Relación de Michoacán,* Versión paleográfica de Francisco Miranda, Morelia: Fimax Publicistas, (Estudios Michoacanos v).

Bravo Ugarte, José. 1995. *Historia Sucinta de Michoacán,* Morelia: Morevallado.

Chanfón Olmos, Carlos. 1994. *Arquitectura del siglo XVI, temas escogidos,* México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Jacinto Zavala, Agustín. 1988. *Mitología y modernización,* Zamora: El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán.

Oslet, Gustave. 1890. Traité de Charpante en Bois. *Encyclopedie Theorique et Pratique des connaissances Civiles et Militaires,* t. vi.

Ramíres Montes, Mina. 1986. *La catedral de Vaco de Quiroga,* Zamora: El Colegio de Michoacán, 1986.

Ramírez Romero, Esperanza. 1990. *Catálogo de Monumentos y sitios de la región lacustre,* t. I, Morelia, UMSNH/GEM, Setifol.

Torres Garibay, Luis. 2002. *Michoacán, cubiertas de madera en inmuebles eclesiásticos de la cuenca lacustre de Pátzcuaro,* Morelia: Morevallado Editores.

Torres Garibay, Luis. 2012. La transmisión de la tradición en la técnica del tejamanil para construir, patrimonio inmaterial de la cultura Púrhépecha. En *La transmisión de la tradición para la salvaguardia y conservación del Patrimonio Cultural,* 143–153. Campeche: INAH.

Toussaint, Manuel. 1992. *Pátzcuaro,* Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, Edición Facsimilar.

Una cubierta Polonceau en el Caribe: el mercado de Ponce, Puerto Rico

Jerry Torres Santiago

A las 6 de la tarde del 16 de agosto de 1863 se reunió el Ayuntamiento de la Villa de Ponce presidido por el Alcalde Corregidor Luis de Quijano. El clero, los oficiales militares, los empleados del Juzgado, la Aduana y el Puerto, los cónsules extranjeros y un nutrido grupo de ciudadanos acompañaron a los miembros del Ayuntamiento hasta la antigua Plaza del Capá, renombrada Plaza del Mercado por el nuevo edificio que se iba a inaugurar ese día. Allí, frente a un retrato de Isabel II, se bendijo el nuevo mercado cubierto, se dieron vivas a la reina, se tocó la marcha real y se oyeron 21 cañonazos.[1] Era el primer edificio construido con una cubierta metálica en la provincia ultramarina de Puerto Rico, signo inequívoco de los adelantos modernos de la época. El hecho de que Ponce no es la capital de Puerto Rico promueve la primera pregunta de esta presentación que consiste en explicar por qué este novedoso edificio se construyó específicamente en dicho lugar.

El ingeniero militar español José López Bago, en calidad de director de Obras Públicas y representante del gobernador, y el contratista ponceño Jaime Torruella también estuvieron presentes en la inauguración del mercado Isabel II. El ingeniero Timoteo Lubelza, diseñador de la obra, fue el gran ausente.[2] Dichos personajes están insertados en una formación social compleja y contradictoria, cuyos rasgos generales nos interesa describir en ánimo de explicar el contexto ideológico-económico de la creación del edificio del mercado. Las contradicciones y concurrencias de la cultura burguesa se expresan como signos de la marcha acelerada del capitalismo que se gestó en Europa a partir de 1850 (Loyer 1983, 71). La segunda parte de esta presentación atiende la gestión creadora del mercado en cuanto a su concepción y diseño, relacionando dichas acciones con las ideas burguesas sobre el progreso y la modernidad.

El planteamiento final responde directamente a las formas físicas del mercado cubierto de Ponce y a su proceso de construcción, en el que tiene un rol destacado la compañía manufacturera de la cubierta de hierro. La empresa Lomnitz y Compañía, radicada en Manchester Inglaterra, estuvo a cargo de la fabricación y montura de la cubierta de hierro. En este apartado discutiremos cuán correcta es en este caso la idea de que para la mayoría de los ingenieros de la época «el mejor curso de acción era copiar» un precedente (Smith 1992, 101). Aquilataremos el grado de originalidad de la estructura del techo al tiempo que describiremos el proceso de su diseño, compra, fabricación y montura.

La capital alterna

A mediados del siglo XIX España continuaba luchando por igualar su economía con las de Inglaterra y Francia. El atraso español se debía a su formación social compuesta por relaciones de producción feudales y capitalistas. La oligarquía financiera y terrateniente española era incapaz de transformar al país a un modo de producción totalmente capitalista, por lo

que el capital extranjero se convirtió en el motor del cambio (Costa 1983, 15–17). Si la metrópoli padecía la ansiedad de su rezago económico, en la colonia la situación era peor. La producción agrícola esclavista era la base de la economía de Puerto Rico y el desarrollo tecnológico e industrial prácticamente no existía. Se manifestaban en la Isla contradicciones semejantes a las de la Península, magnificadas por las condiciones propias de un sistema de dominio colonial en el cual las desigualdades políticas se traducen en asimetrías socioeconómicas (Dietz 1986, 16–24).

Dos de las estrategias que usó la metrópoli para desarrollar las fuerzas productivas de la colonia fueron la apertura de puertos al comercio y una política inmigratoria selectiva. Para 1861, además de San Juan [la capital] se habían abierto diez puertos al comercio, de los cuales solo cinco tenían aduanas de primera clase por las cuales se podía exportar e importar (Quintero 2003, 41). Ponce era uno de esos cinco puertos. La inmigración selectiva de personas blancas europeas y con algún tipo de capital fue determinante en la creación de una economía agroexportadora. La mayoría de los inmigrantes del siglo XIX trajeron conocimientos mercantiles, nuevos métodos de producción agraria y una mentalidad empresarial expresada en la «predisposición para incurrir en riesgos», lo que los capacitaba para relacionarse con el mundo capitalista de Europa y los Estados Unidos (Dietz 1986, 24).

La villa portuaria de Ponce, al sur de la Isla, se destacó por su desarrollo económico favorecido por los siguientes factores. A nivel geográfico, Ponce está localizada en una extensa llanura costera, ideal para el cultivo de la caña de azúcar; a nivel social, la población ponceña incluía un dinámico segmento de inmigrantes de Francia, Inglaterra y Alemania que invirtieron sus capitales en la agricultura de exportación; y a nivel político, Ponce tenía un régimen municipal que permitía la imposición local de arbitrios sobre los productos que pasaban por su aduana. Para 1864 Ponce era la segunda jurisdicción de la Isla en cuanto a riqueza. La primera ciudad era San Juan aunque la diferencia entre ambas jurisdicciones era de apenas un dieciocho por ciento (Acosta [1867] 2002, 433 y 487–488). A fines del siglo XIX, Ponce era el primer puerto exportador de la Isla mientras la Capital era la primera jurisdicción en cuanto a importaciones (Morel 1895, 24). La mayoría de las importaciones provenían de España mientras que Inglaterra era el país a donde llegaban la mayoría de las exportaciones.

Albert Lee, inmigrante inglés, describió en sus memorias los contrastes entre la Capital y Ponce. Sobre la primera afirmaba que era una plaza fuerte amurallada, una ciudad española donde dominaban los inmigrantes de la Península y donde el componente administrativo, religioso y militar le confería un aspecto medieval (figura 1). Ponce, en contrario, era una ciudad donde la influencia de los inmigrantes extranjeros era muy pronunciada y se podía escuchar con cierta frecuencia hablar en francés o inglés (Lee, citado por Gaudier 1979, 60–61). San Juan representaba al Estado, al mundo de la oficialidad, que en Puerto Rico significaba, fundamentalmente, lo militar. Ponce, que era el municipio más rico de la Isla, se transformó en un «proyecto alternativo de país» determinado a partir de la ideología de la élite agroexportadora (Quintero 2003, 41–57) (figura 2).

Construir la modernidad

Considerando el gran desarrollo económico de la villa de Ponce, a principios de 1858 el gobernador Fernando Cotoner ordenó a la Dirección de Obras Públicas la formación del plano para un mercado cubierto.[3]

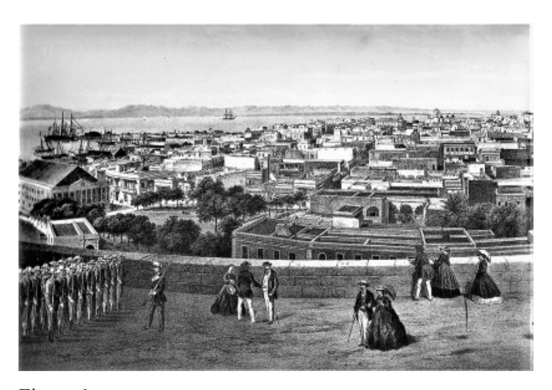


Figura 1
Litografía de 1860 con vista de la ciudad amurallada de San Juan desde el Fuerte San Cristóbal. Las restricciones al crecimiento que representaba el cinturón de murallas construidas en el siglo XVII provocaron un hacinamiento notable, edificios altos, calles estrechas y escasez de zonas abiertas y jardines. En atención a ello, los ponceños se referían despectivamente a la capital como «el enlosado». (Sepúlveda 1989)



Figura 2
Pintura al óleo de Juan N. Ríos titulada Panorama de Ponce y fechada en 1845. En la imagen destaca la profusión de árboles de la villa, la cual tenía amplio terreno para su expansión. Hacia el lado izquierdo bajo de la pintura se observan los techos del mercado cubierto. (Museo de la Historia de Ponce)

Cotoner era parte de una camarilla de militares liberales que ejercieron el poder en España desde 1854 hasta 1868 (Comellas 1985, 475). Los intereses de los militares españoles estaban íntimamente relacionados con los de la oligarquía financiera terrateniente que se centraban en lograr una riqueza semejante a la de las burguesías de Inglaterra y Francia. La debilidad estructural inherente de esa oligarquía le impidió protagonizar la conversión capitalista plena de la sociedad española por lo que debieron aceptar la dependencia de los empresarios y del capital extranjeros (Costa 1983, 16–20).

Fiel a la mentalidad liberal moderada de la época, el gobernador Cotoner se dedicó de inmediato a implantar reformas gubernamentales cuando llegó a Puerto Rico en 1857. Las iniciativas estaban enfocadas en el adelanto económico de la Isla, uno de cuyos fundamentos era la provisión de una red adecuada de caminos y puentes (figura 3). Por ello, una de sus primeras disposiciones fue el establecimiento definitivo mediante Orden Real de la Dirección de Obras Públicas, adscrita a la Junta Nacional de Caminos, Canales y Puertos (Cruz 1970, 1: 360).[4] Los facultativos de la Dirección de Obras Públicas eran ingenieros militares, a quienes se les reconocían las mismas consideraciones de los arquitectos egresados de las Academias de San Fernando y San Carlos. A mediados del siglo XIX la plantilla de ingenieros militares españoles ascendía a unos 200, asignados a diferentes destinos en Europa, América y los presidios de África. Aunque el objetivo profesional de los ingenieros militares era el cuidado del sistema defensivo y los trabajos de fortificación en campañas bélicas, participaron muy activamente en empresas civiles al servicio del Estado. La existencia de excedentes en la plantilla, la posibilidad de ayudar a la promoción individual y la virtual ausencia de arquitectos provocaron que los ingenieros militares fueran el recurso de diseño preferido en destinos como Cuba y Puerto Rico (Muro 2002, 93; Mazorra 2010, 37).

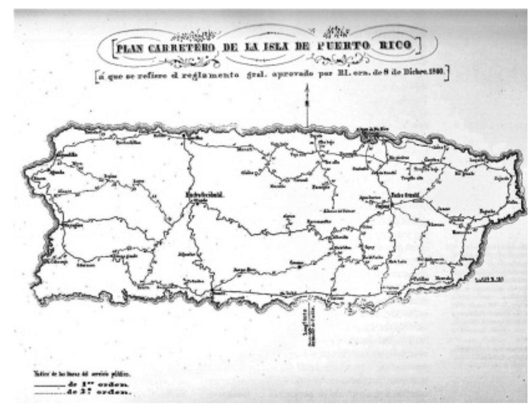


Figura 3
Dibujo del Plan Carretero de Puerto Rico preparado por la Dirección de Obras Públicas y aprobado por Real Orden del 8 de diciembre de 1860. En la costa norte se encuentra la capital, San Juan, mientras que la villa de Ponce se localiza en el centro de la costa sur. (Sepúlveda 1989)

El ingeniero militar Timoteo Lubelza diseñó el mercado cubierto de Ponce (figura 4). Activo en Puerto Rico desde 1849, Lubelza tuvo una larga carrera como diseñador de obras civiles (Cabrera 2010, 217; Ortega y Díez 1980, 105).[5] La educación profesional de Lubelza coincidió con la década de 1840 en la cual ya circulaban entre las diferentes escuelas de ingeniería textos especializados sobre mecánica y diseño estructural (Gasparini y Provost 1989).[6] En la década siguiente, la novedad de la arquitectura en hierro se hizo accesible a los ingenieros a través de publicaciones como la Revista de Obras Públicas, cuyo primer número salió en 1853 (Navascués 2007, 233).

El hierro fue el símbolo de la nueva era industrial y los ingenieros fueron los llamados a diseñar y



Figura 4
Vista del lado oeste del mercado cubierto de Ponce. Dibujo publicado en 1877 a partir de una fotografía de José Aguiló. Se observan claramente los techos de los pabellones y del octágono. (Museo de la Historia de Ponce)

construir las tipologías de dicho material: los puentes, las fábricas y las grandes cubiertas de las estaciones de tren, almacenes comerciales, pabellones de exposición y mercados (Ragon 1971, 1:133). En las cubiertas se requería lograr eficiencia constructiva, es decir, lograr el máximo de área con el mínimo de estructura. De manera similar se buscaba la mayor economía posible mediante la estandarización de las partes constructivas y la ausencia de decoración. Todo lo anterior se consideraba signo de «modernidad» (Sutcliffe 1993, 86).

Aunque entre los ingenieros se aceptaban las ventajas del hierro sobre la madera en las cubiertas, quedaba inalterado en ellos el prejuicio sobre las cualidades estéticas del nuevo material. Era común que los edificios con estructuras metálicas tuvieran fachadas de mampostería de estilo neoclásico que les proveyeran respetabilidad. El neoclásico era la expresión física de una visión de mundo dominado por el triunfo de la razón. Todas las obras arquitectónicas y urbanas debían sujetarse al principio del *ordonnance*, del orden (Loyer 1983, 11) («letra cursiva añadida»). Por lo tanto, resulta lógico que Timoteo Lubelza afirmara que su inspiración para el diseño del mercado cubierto de Ponce fueron los pabellones de la Exhibición Nacional de los Productos de la Industria Agrícola y la Manufactura, celebrada en París en 1849.[7] Pilares y pilastras toscanas adornaban las fachadas de mampostería de los pabellones de la Exhibición y ocultaban su interior metálico con un ropaje neoclásico.

El edificio

El mercado cubierto de Ponce es un edificio de traza rectangular de dimensiones 24,5 metros de ancho y 69 metros de largo (figura 5). Está compuesto por tres cuerpos: uno central techado con cubierta octagonal, y dos laterales en forma de pabellones, techados con cubiertas de cuatro faldones. En el cuerpo central [identificado como el octógono] se ubicaron los puestos de verduras y cuatro habitaciones: una para el encargado del mercado, otra para el conserje, una tercera para la bomba del aljibe y la cuarta que se podía alquilar como tienda. En uno de los pabellones se construyeron diez tiendas y en el otro, diez puestos para la venta de carne y pescado. Todos los puestos y tiendas tenían agua corriente mediante una

tubería de hierro que traía el agua desde el aljibe.[8] Los alzados del edificio expresan la composición interna. En los lados largos los pabellones muestran una columnata de orden toscano cuyas esquinas son muros en escuadra con pilastras del mismo orden, rematado todo con una cornisa y pretil. El cuerpo central se expresaba en el alzado con un muro macizo en el que se abría un arco central de medio punto flanqueado por ventanas adinteladas. Cuatro columnas exentas del orden toscano con su entablamento formaban un retranqueo que marcaba claramente la entrada del edificio. En los lados cortos la columnata de los pabellones se interrumpe en su centro con un muro macizo con pilastras en el que se abre un arco de medio punto (figura 6). Toda la obra de cerramiento es de mampostería y ladrillo.



Figura 5
Vista de la esquina suroeste del mercado cubierto de Ponce. Fotografía de principios del siglo XX. (Museo de la Historia de Ponce)



Figura 6
Vista del lado norte del mercado cubierto de Ponce. Fotografía de principios del siglo XX. (Archivo Histórico de Ponce)

Las cubiertas metálicas quedaban parcialmente ocultas por el pretil. El espacio interior de cada uno de los pabellones, con dimensiones 21,45 metros por 24,15 metros, está cubierto con un techo de cuatro faldones formado por tres cerchas Polonceau sencillas y seis semicerchas (figura 7). La cercha Polonceau fue patentada en 1837 por el ingeniero francés Camille Polonceau como un sistema de cubierta económico que combina la liviandad con la fuerza.[9]



Figura 7
Vista de las cerchas Polonceau. Fotografía interior del mercado cubierto de Ponce donde se observa el techo metálico y la columnata de mampostería. (Autor 2017)

> Lo que Polonceau consigue con su estructura no es una forma más o menos afortunada, que lo es, sino construir una cercha con el menor número de piezas diferentes y cuyas uniones son tan elementales que sólo requieren dejar un agujero hecho en los extremos de cada barra a la hora de fabricarlas. En la versión más simple sólo se necesita la pieza que hace de par, las dos manguetas [bielas] comprimidas situadas en el centro de los pares y las cinco barras que trabajan a tracción y que son, sean diagonales o tirantes, todas iguales. Resolvió de un plumazo todos los problemas estructurales y constructivos de las cubiertas de luces medias y grandes por lo que no es de extrañar que, hasta que De Dion inventa el pórtico triangulado a finales de siglo, todo se resolviera con esa forma. (Águila 2001)

Los pares de las cerchas Polonceau del mercado de Ponce son de alma en celosía con palastros en forma de cruces de San Andrés, encepadas entre dos cantoneras. Las bielas son piezas de fundición con sección cruciforme que unen los pares con los tirantes. Los pares no se apoyan sobre pilares de fundi-

ción sino directamente sobre la estructura de mampostería. Las conexiones entre los pares en el caballete, y entre los pares y el arranque son chapas reforzadas en las que se acoplan las horquillas de los tirantes. Las correas, cinco para cada faldón, son vigas armadas en celosías con cruces de San Andrés. La cubierta estaba formada con planchas de hierro acanaladas que fueron sustituidas por planchas similares durante la intervención que sufrió el edificio entre 1937 y 1941.[10]

Por su originalidad cabe destacar el diseño de los nudos correspondientes al caballete. El detalle ordinario de la conexión de los pares en el caballete de las cerchas Polonceau consiste de dos chapas reforzadas donde se ubican las pletinas y los pasadores de las horquillas correspondientes a los tirantes. Lo usual es que la conexión del pendolón con las chapas no tenga protagonismo. En el caso que nos ocupa dicha conexión está realzada por una elegante pieza de hierro con doble voluta (figura 8). La conexión más relevante y extraordinaria del mercado de Ponce son los nudos de los extremos del caballete. Regularmente las cubiertas de los mercados tienen dos faldones y cabeceras planas pero en casos excepcionales como el del mercado del Val en Valladolid presentan cabeceras ochavadas y ocho faldones (Camino, Rodríguez y Sáez 2015, 322). El nudo del extremo del caballete, en ese caso, es de cuatro ojos. Pero en el mercado de Ponce, cuyas cubiertas tienen cuatro faldones, el nudo tiene cinco ojos. La conexión presenta una complejidad singular puesto que deben acomodarse las cinco horquillas correspondientes a las cinco semicerchas Polonceau que en dicho nudo convergen (figura 9).

Las obras del edificio comenzaron en mayo de 1858 y ya para agosto del mismo año las cimentaciones estaban a punto de terminarse. Este trabajo se hizo por administración a cargo del ingeniero Timoteo Lubelza quien ocupaba el puesto de Inspector del Distrito Occidental de la Dirección de Obras Públicas. Debido a que el terreno se consideraba flojo o de poco soporte, los cimientos se construyeron en forma de perímetro continuo de 6 pies españoles de profundidad.[11] La construcción de los cimientos costó 3,872 pesos. Para agosto de 1858 Lubelza preparó los planos finales del mercado y su presupuesto, el cual ascendía a 36,053 pesos. El Ayuntamiento de Ponce procedió a organizar los documentos de la subasta durante los primeros meses de 1859. Jaime Torruella, vecino de Ponce, remató la obra por la cantidad de 34,500 pesos. El contrato final estipulaba que se rebajaría el costo de la inspección y el porciento del retenido, con lo que la cantidad disponible para la construcción fue 30,607 pesos.[12] En el presupuesto del proyecto se incluyó el costo de la cubierta metálica del edificio calculado por Timoteo Lubelza en 16,161 pesos (tabla 1).

Las obras del edificio comenzaron el 1 de junio de 1859 con dieciséis albañiles e igual número de peones braceros. Para noviembre de 1860 las obras de mampostería estaban casi terminadas y Torruella

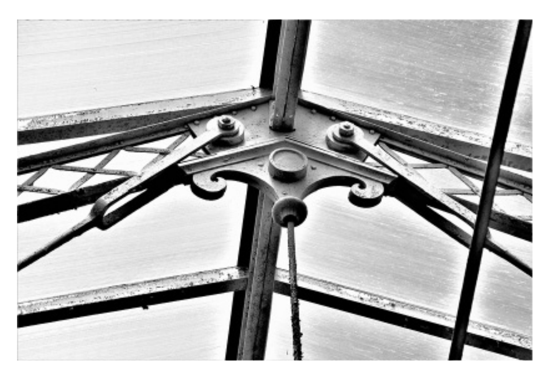


Figura 8
Detalle del elegante nudo entre el caballete y el pendolón. Fotografía del caballete de una de las cerchas Polonceau del mercado cubierto de Ponce. (Autor 2017)



Figura 9
Intersección de los faldones de la cubierta del mercado cubierto de Ponce. Fotografía del extraordinario nudo de cinco ojos. (Autor 2017)

Partidas	Unidad	Costo/unidad	Total Pesos/Centavos
Por 36,370 libras de hierro forjado y fundido para las 10 cerchas.	libra	0,10	3,637 00
Por 3,938 libras de hierro forjado y fundido para la cumbrera y las filas de viguetas.	libra	0,10	393 80
Por 311 libras de hierro forjado y fundido para las barras tirantes que unen los extremos de las tornapuntas de las cerchas.	libra	0,10	31 10
Por 24,837 libras de hierro forjado y fundido para el alfagiado que ha de sostener la cubierta.	libra	0,10	2,483 70
Por 20,358 libras de hierro forjado y fundido de palastro galvanizado para la cubierta.	libra	0,15	3,053 10
Subtotal para la cubierta de los cuerpos laterales.			**9,598 70**
Subtotal para la cubierta del octógono.			**2,073 95**
Subtotal para los herrajes de las puertas, las rejas de las ventanas y la verja.			**2,448 00**
Subtotal para las divisiones de los puestos, cañería, llaves y bomba.			**2, 041 28**
TOTAL			**16,161 93**

Tabla 1
Desglose del costo de los trabajos de hierro en el presupuesto del mercado cubierto de Ponce preparado por el ingeniero Timoteo Lubelza en 1858. (Archivo Histórico de Ponce, Fondo Ayuntamiento, Caja 350)

solicitó un adelanto para ordenar la cubierta al extranjero como se indicaba en el pliego de condiciones. El Ayuntamiento desconfiaba de la solvencia del contratista y le solicitó que le informara la casa de comercio o persona de respeto que haría el pedido a la fábrica. Torruella contestó que su garante era Francisco Marich, comerciante de Ponce, quien era socio del hacendado Miguel Ferrer. En esa época la hacienda de Miguel Ferrer era la unidad agrícola que mayor cantidad de azúcar de caña producía en Puerto Rico. De esta manera, el Ayuntamiento aseguró la disponibilidad de los 16,161 pesos de la cubierta y autorizó un adelanto de 4,000 pesos para Torruella.[13]

El 25 de noviembre de 1860 Marich envió los planos de las cubiertas a la casa Lomnitz y Compañía radicada en Manchester Inglaterra.[14] El 14 de enero de 1861 Lomnitz y Compañía remitió a Marich planos preparados por ellos con dudas y preguntas que debían ser contestadas por el diseñador antes de la fabricación del techo. El ingeniero Lubelza entregó los planos enmendados al contratista el 8 de febrero de 1861.[15] De lo anterior se concluye que los técnicos de la fábrica intervinieron en el diseño final de la cubierta. No hemos encontrado ninguno de los planos antes señalados; sin embargo, podemos concluir que uno de esos cambios fue el número de cerchas, pues en la memoria del proyecto original Lubelza especificaba un total de diez cerchas para las cubiertas, pero en el diseño final se incluyeron seis cerchas Polonceau y doce semicerchas.

La variación en los planos fue motivo de agrio debate, pues el contratista Torruella alegó que el atraso en la culminación de la obra fue por causa de dicho cambio. Para julio de 1861 Torruella indicó que ya se estaba fabricando la cubierta y que en dos meses estaría en Ponce. Richard Berndable y Thomas Hetherington llegaron al puerto de Ponce desde Manchester el 5 de noviembre de 1861. Ellos eran los empleados de Lomnitz y Compañía encargados de montar la cubierta. Para enero de 1862 se terminó la montura del techo que había arribado al puerto de Ponce en diciembre de 1861. Torruella solicitó al Ayuntamiento dinero adicional [unos 4,500 pesos] porque la cubierta instalada era más pesada que la diseñada por Lubelza. Alegó Torruella que los fabricantes entendieron que debían mejorar la resistencia de la cubierta a las tormentas del trópico aumentando el peso de la misma. Aunque el Ayuntamiento aceptó el razonamiento del contratista y recomendó al gobernador que autorizase el aumento en costo, no hay constancia en el expediente que se le haya pagado.[16]

Conclusiones

En carta al gobernador Cotoner, el director de Obras Públicas José López Bago, recomendaba que el material de la cubierta del mercado de Ponce se comprase en los Estados Unidos, en Inglaterra o preferiblemente en Francia, porque en ese país se había hecho la cercha [Polonceau] que usó el ingeniero Lubelza como modelo en su diseño.[17] Por su parte, el contratista Jaime Torruella afirmó que el techo de hierro fue comprado en Inglaterra pues allí era donde más y mejores se hacían esas obras y porque era allí donde se habían fabricado todas las cubiertas de ese tipo existentes en Suramérica.[18] En efecto, los mismos empleados que montaron el te-

cho del mercado ponceño habían hecho lo propio en el primer Teatro Colón de Buenos Aires. Lo evidente en el caso del mercado de Ponce es la estrecha relación entre la élite y el gobierno de Puerto Rico con las principales sociedades industriales europeas, lo que a su vez es reflejo de la particular dependencia de la burguesía española con Inglaterra y Francia.

Si bien San Juan es la capital de la Isla, la villa portuaria de Ponce representó una alteridad en el esquema de poder, puesto que la riqueza agro-exportadora de dicha ciudad explica la mentalidad de progreso en la que se inserta el proyecto de mercado cubierto que hemos presentado. Las fuerzas sociales de Ponce actuaron en concierto con la administración colonial para lograr el objetivo de expresar su proyecto de modernidad y progreso. En primer lugar, tenemos al jefe de dicha administración, el gobernador Fernando Cotoner, por cuya iniciativa se creó el proyecto de mercado. El liberalismo moderado de Cotoner es parte de un movimiento al interior de la milicia que buscaba fortalecer el poder y la riqueza de la burguesía española. Parte importante de la administración colonial eran los ingenieros militares de la Dirección de Obras Públicas. Fueron ellos quienes hicieron realidad la idea de progreso del gobernador y de la élite ponceña a través de un diseño considerado de avanzada. Con todo, la expresión arquitectónica que resulta de ese esfuerzo no pudo liberarse del prejuicio predominante contra los nuevos materiales industriales y se recurrió al lenguaje convencional del estilo neoclásico. El modelo que inspira al diseñador no es, como se afirma en algunos textos, el mercado central de París [*Les Halles Centrales*], cuyo primer pabellón se terminó en 1856. Por propia voz del ingeniero Lubelza, se presenta la Exposición de París de 1849 como la referencia directa del mercado de Ponce.

Se ha comprobado la participación activa de los fabricantes Lomnitz y Compañía en el diseño final de la cubierta y cómo se ha creado una respuesta que se aparta del estándar con la inclusión de detalles originales en los nudos de las cerchas. En cuanto al proceso de construcción destacamos el rol de los empleados de la compañía manufacturera, quienes coordinaron la rápida montura del techo con el contratista Torruella. Las gestiones administrativas y comerciales con Lomnitz y Compañía no fueron realizadas directamente por el contratista, que no tenía la solvencia económica ni las conexiones de negocios apropiadas para dicha tarea. Por ello, Torruella se asoció con un miembro de la élite ponceña, el comerciante Francisco Marich, quien pudo realizar la coordinación con los empresarios ingleses.

El mercado de Ponce, con su novedosa cubierta de hierro, representa un hito en el desarrollo de la construcción en Puerto Rico no solamente por su tecnología sino por la idea de progreso y modernidad que representa. Cuando se inauguró el edificio en 1863 el alcalde incluyó al mercado junto a las prósperas haciendas, los canales de riego, los caminos, los puentes y el teatro en construcción como evidencias del adelanto y prosperidad de la villa de Ponce (figura 10). La selección de Inglaterra como lugar de origen de la tecnología moderna que se instalaría en Ponce con dicho edificio es testimonio de la importancia del comercio de exportación hacia ese país y del modelaje cultural que el mismo provocó.

Lo presentado en esta ocasión trata de mostrar las líneas generales de la concatenación de ideología y construcción en un tipo edilicio particular. Los edificios son huellas físicas de procesos sociales altamente complejos y contradictorios por lo que su estudio requiere un acercamiento dinámico y amplio. El uso de la cubierta Polonceau en el edificio del mercado de Ponce es solo una oración en el gran texto de la arquitectura colonial de Puerto Rico, pero una oración muy elocuente y significativa.



Figura 10
Fachada principal del Teatro La Perla de Ponce, financiado con capital privado y terminado en 1864 según diseño del inmigrante Juan Bertoli. Los capiteles corintios de las columnas son de hierro. (Museo de la Historia de Ponce)

Notas

Esta comunicación es parte de un proyecto mayor de investigación titulado *Arquitectura y poder: las plazas de mercado en Puerto Rico* que fue subvencionado parcialmente mediante descargas académicas por el Colegio de Artes y Ciencias del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico.

1. Archivo General de Puerto Rico (en adelante AGPR), Fondo Obras Públicas, Caja 291.
2 La ausencia de Lubelza quizá se debió a las controversias ocurridas durante el transcurso de la construcción del proyecto, que se relacionaban a la negativa de Lubelza a aceptar las peticiones de aumentos en el tiempo y costo de la obra. El Ayuntamiento de Ponce, en varias de dichas controversias, se colocó de parte del contratista Jaime Torruella. Incluso se menciona en el expediente que el Ayuntamiento solicitó al director de Obras Públicas que, para la inspección final y aceptación del edificio, se enviase a otro ingeniero distinto de Lubelza para garantizar la neutralidad del proceso.
3 AGPR, Fondo Obras Públicas, Caja 291. Fernando Cotoner Chacón nació en Palma de Mallorca en 1817 y murió en Barcelona en 1888. Perteneciente a la casa de Cotoner, titulares del marquesado de Ariany, ingresó en un colegio militar a los 8 años. Participó como capitán en la primera guerra carlista de 1833. En 1847 fue nombrado capitán general de Burgos y Baleares. Fue senador representando a la provincia de Baleares. De 1857 a 1860 fue gobernador y capitán general de Puerto Rico y Ministro de Guerra y de Ultramar interino en 1874. Fue director general de la Guardia Civil de 1874 a 1882. Sus servicios le merecieron el título nobiliario de Marqués de La Cenia concedido por Amadeo I que luego fue aumentado con grandeza de España por Alfonso XII.
4. Pumarada (1991, 19) señala que la Dirección de Obras Públicas fue fundada en 1854 por el gobernador Fernando de Norzagaray quien ordenó la formación ese mismo año de un Plan Carretero para Puerto Rico. Señala asimismo que la Dirección comenzó sus funciones en 1857, comandada por el ingeniero Antonio Sánchez Núñez. Lo que hizo el gobernador Cotoner fue darle carácter oficial a la Dirección con la Orden Real que autorizaba su creación y su adscripción a la Junta Nacional de Caminos, Canales y Puertos. Ese mismo año de 1857, la Junta fue reorganizada por decreto real de 5 de agosto. El Plan Carretero fue autorizado por Real Orden en 1860.
5. Timoteo Lubelza Martínez de San Martín aparece en mayo de 1849 como inspector de Obras Públicas en un expediente sobre una petición de canalizar el río Jacaguas que divide las jurisdicciones de Ponce y Juana Díaz (Cabrera 2010, 217). En julio de 1856 se consigna su ascenso al rango de comandante de ingenieros (Ortega y Díez 1980, 105). En 1857 (Castro 1980, 268) firma el segundo plano del Cuartel de Infantería de Ballajá en San Juan. En 1858 formó el plano del mercado cubierto de Ponce y diseñó el tramo de Ponce a Juana Díaz de la carretera central. Para esta fecha tenía el rango de Ingeniero Jefe del Distrito Occidental. En 1859 diseñó el puente de mampostería y madera sobre el río Yauco. En 1861 diseñó el plano regulador del pueblo de Yauco y el tramo de Coamo a Aibonito de la carretera central. En 1862 se terminó el puente sobre el río Las Minas en Coamo diseñado por Lubelza. Ese mismo año fue nombrado Inspector de Obras Públicas y en 1864 ocupó interinamente el cargo de Alcalde de Yauco, cuya alcaldía había diseñado. En 1875 diseñó el acueducto Alfonso XII en Ponce.
6. En 1833 se publicó la segunda edición del texto de Claude-Louis Navier titulado *Résumé des leçons données a l'Ecole des Ponts et Chausées sur l'Application de la Mecanique*. En 1848 se publicó el texto de Michon titulado *Instruction sur la resistance des materiaux-suivie d'applications aux pièces droites et aux fermes de charpente des bâtimens*. Para esta época se consideraba a Francia el lugar donde más avance se había realizado en los estudios científicos y matemáticos de la ingeniería (Gasparini y Provost 1989, 22–24).
7. Archivo Histórico de Ponce (en adelante AHP), Fondo Ayuntamiento, Caja 350. La Exposición Nacional de los Productos de la Industria Agrícola y la Manufactura de 1849 fue uno de los primeros eventos de promoción pública de la Primera República Francesa instaurada en 1848 tras el derrocamiento del rey Luis Felipe de Orléans. La exposición duró dos meses y atrajo gran cantidad de público esencialmente porque no se cobró la entrada. Fue un éxito de participación con 4,494 expositores. El edificio que albergó la exposición se construyó en los Campos Elíseos de París y tenía un área de 22,000 metros cuadrados.
8. AGPR, Fondo Obras Públicas, Caja 291.
9. Jean-Barthélemy Camille Polonceau nació en 1813 en Chambéry y murió en Chatillon en 1859. Su padre fue Antoine-Rémy Polonceau, ingeniero que diseñó el primer puente de hierro en Francia, el puente del Carrousel en París (1831–1834). Camille Polonceau se graduó de ingeniero en la Escuela Central de Bellas Artes y Manufacturas de París en 1836 e inmediatamente comenzó a trabajar con la empresa de ferrocarriles París-Versalles. Para esta empresa Polonceau inventó la cercha que lleva su nombre, la cual fue usada por primera vez para cubrir un pequeño hangar de 8,40 metros. En 1837 obtuvo la patente para dicho invento. La cercha Polonceau se presentó al público en la Ex-

posición Nacional de 1839 en Francia. Junto a Eugène Flachat, Jules Petiet y Louis Le Châtelier, Polonceau publicó en 1851 una guía para el ingeniero. En 1856 fue electo presidente de la Sociedad de Ingenieros Civiles de Francia.

10. La primera intervención en el mercado cubierto de Ponce se terminó en 1904, según el diseño en estilo neoclásico del ingeniero Manuel Domenech. El edificio fue ensanchado mediante una ampliación que duplicó el área de piso y encerró la estructura original con una galería anular de mampostería techada con cerchas de madera. Entre 1937 y 1941 ocurrió la segunda intervención en estilo Art Deco a cargo del arquitecto Pedro Méndez y la compañía Ponce Iron Works. La ampliación de Domenech fue demolida y reemplazada con una nueva construcción en hormigón armado techada con cerchas de metal. En esta intervención se destruyeron los muros de la parte central del mercado incluyendo la porción correspondiente de las fachadas longitudinales, las cuales fueron sustituidas por pilares de hormigón. Aunque se destruyeron los muros de soporte se conservó la cubierta en hierro del octágono, que se apoyó sobre enormes vigas de acero. Las cubiertas de los pabellones laterales se conservaron pero se les cubrió con nuevas planchas de hierro acanaladas. Durante la tercera intervención entre 1985 y 1988, según el diseño de los arquitectos Romualdo Olabarrieta y Américo Delgado, las vigas de acero fueron desmontadas y se reconstruyó en hormigón armado la parte central del antiguo mercado. En las fachadas de la reconstrucción los arquitectos utilizaron el estilo Postmoderno para mimetizar el alzado original. Durante dicha intervención se sustituyeron las planchas de hierro acanalado por un nuevo techo de acero galvanizado, se instalaron tragaluces en los caballetes de las cubiertas y se instaló un sistema expuesto de aire acondicionado, entre otras reformas.
11. AGPR, Fondo Obras Públicas, Caja 291.
12. AHP, Fondo Ayuntamiento, Caja 350.
13. AHP, Fondo Ayuntamiento, Caja 350. La hacienda Potala del inmigrante español Miguel Ferrer estaba ubicada en el municipio de Juana Díaz, jurisdicción que colinda por el este con el municipio de Ponce y forma parte importante de su zona de influencia.
14. Lomnitz y Compañía fue fundada en 1841 por Edward Augustus Lomnitz con sede en el 25 de la calle Mount en Manchester. En una guía general de Manchester de 1820, aparece Edward Augustus Lomnitz residiendo en el número 20 de la calle Bond. Para 1869 los socios de la firma eran James Oppenheimer, Charles Arning y Edward James Lomnitz. Ese año la firma se disolvió por mutuo acuerdo. Oppenheimer se retiró mientras Arning y Lomnitz establecieron sendas compañías aparte. En 1874, la compañía de Lomnitz se declaró en quiebra. Posterior a esta fecha Edward James Lomnitz se asoció con John Duxbury para formar una nueva compañía: Lomnitz y Duxbury, la cual se disolvió en 1881. Posiblemente Edward Augustus Lomnitz era parte de la comunidad judía-alemana de Manchester, la cual fue determinante en el vertiginoso desarrollo económico de dicha ciudad, considerada la capital industrial de Inglaterra.
15. AHP, Fondo Ayuntamiento, Caja 350.
16. AHP, Fondo Ayuntamiento, Caja 350. La previsión del fabricante y del contratista al instalar una cubierta más pesada probó ser correcta pues en los 153 años de construido, el edificio del mercado de Ponce no ha sufrido daños mayores por causa de las numerosas tormentas tropicales y huracanes que han azotado la Isla en ese periodo de tiempo.
17. AGPR, Fondo Obras Públicas, Caja 291.
18. AHP, Fondo Ayuntamiento, Caja 350.

Lista de Referencias

Acosta Calvo, J. J. 2002. *Historia geográfica, civil y natural de la isla de San Juan de Puerto Rico de Iñigo Abbad y Lassierra 1787. (Anotada en su parte histórica y continuada en la estadística y económica por José Julián Acosta 1867).* San Juan: Ediciones Doce Calles.

Águila Jalvo, José Miguel. 2001. El Puente de Triana y su tiempo. En *Informes de la construcción,* 52: 1–15.

Cabrera Salcedo, L. 2010. *De los bueyes al vapor: caminos de la tecnología del azúcar en Puerto Rico y el Caribe.* San Juan: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

Camino Olea, María Soledad, María Ascensión Rodríguez Esteban y María Paz Sáez Pérez. 2015. Técnica de construcción en hierro (ss. XIX-XX): el Sistema Polonceau. Construcciones singulares de Valladolid. *Actas del Noveno Congreso Nacional y del Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia, 13–17 octubre 2015*. Ed. S. Huerta, Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEdHC.

Castro, M. A. 1980. *Arquitectura en San Juan de Puerto Rico (Siglo XIX).* San Juan: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

Comellas, J. L. 1985. *Historia de España moderna y contemporánea (1474–1975).* Madrid: Ediciones Rialp.

Costa, M. T. 1983. *La financiación exterior del capitalismo español en el siglo XIX.* Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.

Cruz Monclova, L. *Historia de Puerto Rico (Siglo XIX) Tomo I (1808–1868)*. Río Piedras: Editorial Universitaria.

Dietz, J. L. 1986. *Economic History of Puerto Rico: Institutional Change and Capitalist Development.* Princeton: Princeton University Press.

Gasparini, D. A. y Caterina Provost. 1989. Early Nineteenth Century Development in Truss Design in Britain, France and the United States. *Construction History, Journal of the Construction History Society*, 5: 21–34.

Gaudier, A. 1979. *Laureles de Ponce*. San Juan: Instituto de Cultura Puertorriqueña.

Loyer, S. 1983. *Le Siècle de L'Industrie*. Paris: Éditions d'Art Albert Skira S.A.

Mazorra Acosta, Henry. 2009–2010. Los ingenieros militares y la arquitectura del edificio-teatro en la Cuba colonial. En *Atrio*, 15–16: 37–46.

Morel Campos, R. 1895. *Guía local de comercio de la ciudad de Ponce*. Ponce: Imprenta El Telégrafo.

Muro Morales, José Ignacio. 2002. Ingenieros militares en España en el siglo XIX: del arte de la Guerra en general a la profesión de ingeniero en particular. En *Scripta Nova*, 6: 119.

Navascués Palacio, P. 2007. *Arquitectura e ingeniería del hierro en España (1814–1936)*. Madrid: Fundación Iberdrola.

Ortega Benayas, M. A. y M. T. Díez de los Ríos. 1980. *Inventario de la serie Oficios de Guerra de Puerto Rico*. Madrid: Archivo Histórico Nacional Sección de Ultramar.

Pumarada O'Neill, L. F. 1991. *Los puentes históricos de Puerto Rico*. Mayagüez: Centro de Investigación y Desarrollo del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico.

Quintero Rivera, A. G. 2003. *Ponce: La Capital Alterna. Sociología de la sociedad civil y la cultura urbana en la historia de la relación entre clase, «raza» y nación en Puerto Rico.* Ponce: Centro de Investigaciones Sociales de la Universidad de Puerto Rico.

Ragon, M. 1971. *Historia mundial de la arquitectura y el urbanismo modernos. Tomo 1: Ideologías y pioneros 1800–1910*. Barcelona: Ediciones Destino.

Sepúlveda, A. 1989. *San Juan: historia ilustrada de su desarrollo urbano 1508–1898*. San Juan: Carimar.

Smith, Stanley. 1992. The Design of Structural Ironwork 1850–1890: Education, Theory and Practice. *Construction History, Journal of the Construction History Society*, 8: 89–108.

Sutcliffe, A. 1993. *Paris: An Architectural History.* Providence: Yale University Press.

Tangires, H. 2008. *Public Markets.* New York: W.W. Norton & Company, Inc.

Garaje Catasús de José Antonio Coderch: reconstrucción de una planificación

Fernando Valderrama
Rafael Guadalupe
Carolina Ramírez

Este trabajo surge a partir de la localización por uno de los autores (Rafael García) de un artículo en la Revista de Obras Públicas, relativo a un edificio del arquitecto José Antonio Coderch (Ochoa de Retana 1954). La reseña incluye un diagrama de barras (figura 1), una información que no suele encontrarse en este tipo de publicaciones, que describen habitualmente las peculiaridades de la construcción, pero no suelen referirse a costes y plazos. Se trata además de un proceso constructivo repetitivo, ya que se ejecutan secuencialmente ocho naves casi idénticas, lo cual hace que el caso sea especialmente interesante para el análisis de la planificación.

Objetivo

El gráfico publicado no representa la planificación original, sino que muestra las fechas reales en que se ejecutó cada actividad, con las diferencias naturales entre ellas debidas a la variabilidad del proceso. El objetivo de este trabajo es reconstruir la planificación que se utilizaría en la ejecución, haciendo suposiciones a partir de estos resultados. Para ello es necesario comparar las posibles alternativas y repetir el proceso que probablemente se realizaría para llegar a esta solución concreta.

Historia

Tras el paréntesis de la Guerra Civil española, la construcción laminar de hormigón en España experimentó una significativa recuperación. Antecedentes de ella habían sido por supuesto las singulares experiencias de Eduardo Torroja, con obras tan destacadas como el mercado de Algeciras, el frontón Recoletos o las tribunas del Hipódromo de Madrid. Sin embargo, las principales obras de este tipo en las primeras décadas de posguerra fueron destinadas generalmente a usos industriales o utilitarios, encontrando en la delgadez de las láminas un importante elemento de ahorro de material, tan escaso en aquellos años (García 2007). Dentro de los tipos laminares, las bóvedas cilíndricas como las que aquí se consideran, fueron una de las soluciones más empleadas en un primer momento.

No son muchas las construcciones de bóvedas de hormigón de esa época que aún permanecen y, a lo que parece, tampoco fueron tantas las construidas, por lo que la que se analiza en este trabajo tiene un carácter bastante especial. Por un lado, destacaríamos su supervivencia, apenas sin modificaciones, circunstancia de la que es preciso alegrarse, dado que en la proximidad de la misma zona Franca de Barcelona no hace mucho que fue demolida otra importante construcción, también con bóvedas de hormigón de similares características. Se trataba de los almacenes de algodón para la industria textil construidos en 1956 –dos años después- y probablemente la obra de mayor superficie de este tipo en España, con 23.336 m2. Por otro lado, destacaríamos el disponer de información publicada, lo que es relativamente raro en estas estructuras (Ochoa de Retana 1954; IETcc 1954). Con ella, aparte de los datos técnicos, pode-

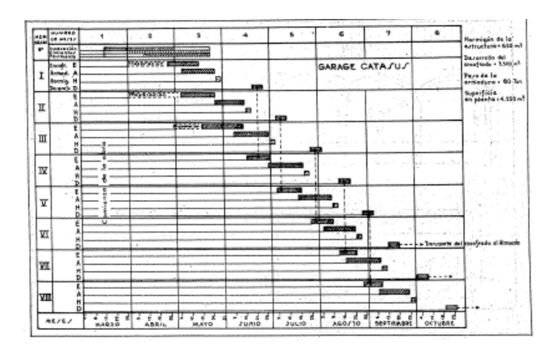


Figura 1
Garaje Catasús, planificación, imagen original (Ochoa de Retana 1954)

mos apreciar también el elegante espacio que conforman estas esbeltas láminas.

Así pues, a la existencia actual de estas naves, que en cuanto a superficie cubierta –cercana a los 5000 m2– la sitúan probablemente como la más grande de las todavía existentes del periodo, hay que sumar el acceso a muchas de sus características, y esto último nos permite además entroncarla con lo mejor de la práctica europea de esos años. Pero entre esos datos informativos está sobre todo un singular y detallado cuadro de su programa de ejecución, que da pie al inusual estudio que se desarrolla en este trabajo.

Proceso de ejecución

El garaje consta de ocho naves o crujías (figura 2), numeradas de I a VIII, con un inter-eje de 9 m. Todas las naves tienen dos tramos de aproximadamente 24 m. Las naves III a VIII disponen de dos tramos más, de 8,70 m y 4,90 m, este último en voladizo.

Las tareas de excavación, la cimentación y el pavimento se planifican con otras tantas actividades únicas, que se solapan entre sí y con la ejecución de las naves, como veremos más adelante.

La ejecución de las naves se planifica mediante cuatro actividades por nave: encofrado, armadura, hormigonado y desencofrado. El fraguado se introduce como un desfase o solape negativo entre el hormigonado y el desencofrado.

Del análisis visual del diagrama se desprende también que se usan tres encofrados o cimbras. La construcción de cada uno se indica mediante la referencia «Preparación» al inicio de la ejecución de las tres primeras naves, el movimiento de cada cimbra encofrado a la nave sucesiva se indica mediante flechas verticales, que enlazan las actividades de desencofrado y encofrado, y al final de la ejecución se indica también gráficamente la retirada al almacén.

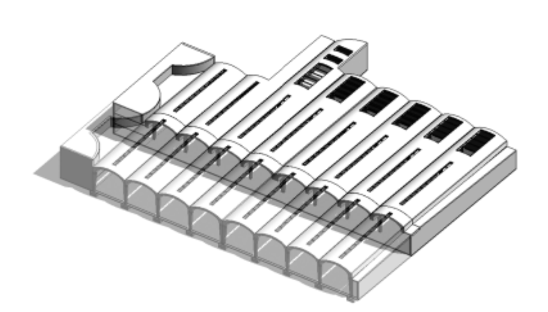


Figura 2
Garaje Catasús, modelo 3D

Reconstrucción de la planificación

Al imprimir el diagrama en formato DIN-A4 se observa que, tomando una semana de seis días, la habitual en la época, la escala es muy cercana a un milímetro por día laborable. Al ajustar la escala horizontal para conseguir este resultado exacto, añadiendo una retícula de semanas, corrigiendo un pequeño sesgo y una ligera distorsión de la proporción debidos al escaneo, se obtiene una altura para cada actividad de cuatro milímetros (figura 3), confirmando la validez de las hipótesis.

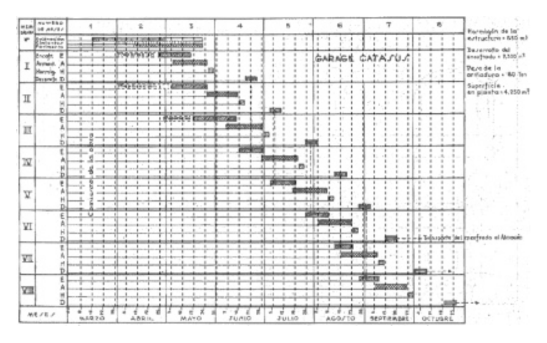


Figura 3
Diagrama original, ajustado y corregido

Por tanto, el diagrama fue dibujado originalmente a esta escala y en un papel de este tamaño, o en todo caso del doble exacto.

Fechas generales

En el diagrama publicado se observa que la ejecución se realiza entre la tercera semana de marzo y el último día de septiembre, aunque dos encofrados permanecen todavía durante una parte de octubre.

El año de ejecución no figura en el diagrama, aunque la bibliografía sobre el autor indica que es 1953.

Esta fecha se podría deducir también a partir del diagrama. Para ello hay que asumir que el día de inicio de cada semana del eje horizontal es el domingo y no el lunes, como resulta visible, por ejemplo, en la división entre mayo y junio. Los únicos años cercanos a la fecha probable que encajan en esta secuencia son 1942, 1953 y 1959.

La obra se inicia por tanto el lunes 16 de marzo de 1953.

En las simulaciones, realizadas con un programa informático (Presto 2017), se ha situado la ejecución en el año 2015, cuyo calendario de festivos y laborables es idéntico al de 1953.

Duraciones

Las duraciones reales en días laborables de las actividades repetitivas y sus promedios se reflejan en la siguiente tabla 1:

Nave	Long. (m)	Prep.	Encofrado	Armadura	Solape	Fraguado
I	48	22	18	18	9	17 + 3
II	48	29	19	16	0	14 + 2
III	61,6	15	24	19	5	20 + 3
IV	61,6		14	20	1	16 + 3
V	61,6		14	19	2	14 + 2
VI	61,6		13	18	6	15 + 3
VII	61,6		10	20	6	16 + 3
VIII	61,6		10	17	2	16 + 3
µ		22	16,6	19,6	3,9	

Tabla 1
Duraciones reales de las actividades en días laborables

En los cálculos sucesivos las duraciones de los encofrados y la armadura de las naves I y II se corrigen en proporción a su mayor longitud relativa a las demás naves para obtener valores comparables. Los valores medios se redondean al entero más próximo.

La duración del hormigonado es siempre de tres días laborables.

A la duración del fraguado en días laborables que se deduce del diagrama por el número de días laborables entre el final del hormigonado y el inicio del desencofrado hay que añadir los días festivos intermedios, que figuran desglosados en la tabla.

La duración del desencofrado también aparece como fija, de seis días laborables. Sin embargo, las duraciones del fraguado y del desencofrado dependen en realidad del proceso constructivo y se analizan más adelante.

En este trabajo utilizaremos sólo el punto de vista determinista, basado en las medias.

Encofrado

En la realización del encofrado se aprecia la mayor dificultad en la ejecución de las tres primeras naves y también la mejora al terminar el segundo conjunto de tres naves.

La experiencia se mide calculando el porcentaje en que se reduce el tiempo de ejecución de un proceso cada vez que la producción se duplica. En la figura 4, que muestra la duración del encofrado corregida por la longitud de cada nave, se ha superpuesto una curva de experiencia estándar del 80%. Puesto que al terminar la octava nave la producción se ha duplicado tres veces, la duración teórica sería el 51,2% de la

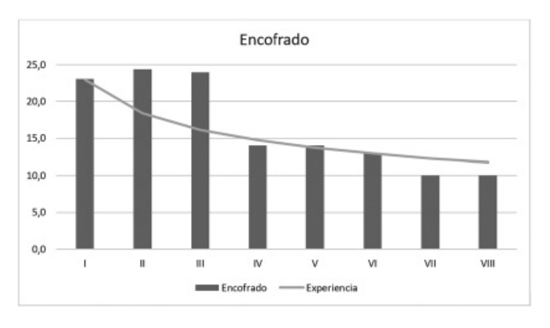


Figura 4
Duración del encofrado y curva de experiencia del 80%

original, es decir, doce días, que coincide razonablemente con la duración real de diez días. Con este ritmo de aprendizaje, el encofrado de la nave número 100 se realizaría en cinco o seis días.

Armadura

La figura 5 muestra las duraciones de la ejecución de la armadura, corregidas por su longitud. Se observa también una ligera curva de aprendizaje, que podría dar lugar a una

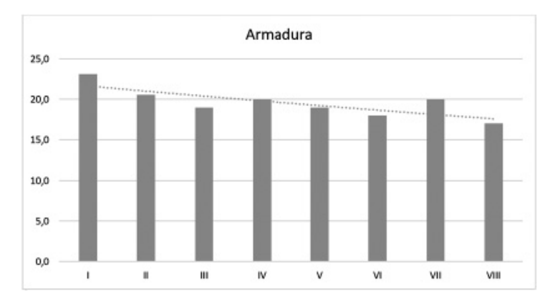


Figura 5
Duración de la armadura y su curva de aprendizaje

Programación inicial

Trabajos preliminares

El diagrama de fechas reales sugiere la existencia de un enlace Comienzo-Comienzo CC entre la ejecución de la excavación y los cimientos, con un desfase de 14 días.

Con los programas informáticos actuales, esta planificación se realizaría mediante un enlace doble, puesto que la misma separación debe mantenerse en el inicio y en el final. Como en este caso el ritmo de ejecución de los cimientos es más lento, el enlace final no parece necesario, pero lo sería si se aumentara el número de recursos, para asegurarse de que la cimentación no adelante a la excavación.

Entre los cimientos y el pavimento, por el contrario, es evidente el uso de un enlace final-final, sugiriendo que el pavimento puede realizarse tan pronto como vayan avanzando los cimientos, pero se ajusta para que termine al tiempo que los cimientos. Sin embargo, también es conveniente aquí un doble enlace, esta vez sin solape delantero ni trasero, porque el equipo de pavimentación podría iniciar su trabajo antes, sabiendo que tendrá que bajar el ritmo o interrumpir el trabajo para no adelantarse a los cimientos, lo que se representa mediante una holgura de diez días, delantera o intermedia.

Preparación de los encofrados

La preparación de los tres encofrados se representa en las dos primeras naves mediante un desfase de un enlace CC respecto de los cimientos. En la tercera nave aparece más retrasado el inicio de la preparación, pero mantendremos la misma restricción inicialmente, para luego modificarlo de forma manual en función de las holguras.

Ejecución de la primera nave

En todas las naves se realiza el mismo procedimiento, que comienza instalando el encofrado.

La ejecución de la armadura se adelanta a la finalización del encofrado en casi todas las naves, hasta nueve días, con un promedio de cuatro. Es posible que la programación original no incluyera estos solapes, contando con utilizarlos en la realidad para compensar otros retrasos. No obstante, introduciremos el solape como si estuviera así programado, como un solape negativo en un enlace final-comienzo FC.

El hormigonado aparece como estrictamente posterior a la finalización de la armadura, en buena lógica constructiva, siendo el único caso del enlace FC sin solape, que tradicionalmente se considera como el más habitual, en este caso de estudio.

El fraguado, tiempo entre el hormigonado y el desencofrado, varía, con un mínimo de 14 días laborables en dos de las naves. Este tiempo ha de incrementarse en los dos o tres domingos intermedios, más tres días, ya que es de suponer que se desmonta el encofrado por el mismo extremo por el que se comenzó a hormigonar. De esta forma la duración real es más adecuada a la esperable. Utilizaremos en la planificación este tiempo mínimo, ya que, si es admisible en una nave, lo es para todas.

El resultado de la planificación de la nave I con estas hipótesis se muestra en la figura 6, ajustando la

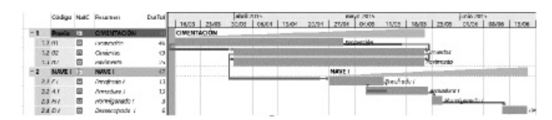


Figura 6
Planificación de las actividades preliminares y nave I

duración media del encofrado y la armadura a su menor longitud. La mayor duración real indicada en la figura para las actividades de encofrado y armadura respecto a lo previsto se compensa con un solape entre ambas también mayor que el promedio.

Secuenciación de las naves

El proceso descrito para ejecutar una nave tiene que repetirse y ajustarse para ejecutar el conjunto. Realizaremos el análisis de las distintas posibilidades actuando como si no se conociera la alternativa finalmente elegida.

Planificación sin restricciones

Las buenas prácticas tradicionales de la planificación establecen que el diagrama de barras debe generarse en base a las exigencias puras de la construcción, como si se dispusiera de recursos ilimitados, y sólo posteriormente se aplicarán técnicas de nivelación de recursos para ajustar la secuencia. Este criterio es necesario para analizar el número de recursos óptimo, ya que deja que el diagrama se adapte flexiblemente a las nuevas duraciones.

De esta forma, cuando se ejecuta una edificación en altura, las sucesivas plantas se planifican necesariamente en secuencia, pero esta restricción no existe cuando la estructura se desarrolla al mismo nivel, como es el caso de estas naves, que podrían ejecutarse todas simultáneamente.

Si se utilizan ocho cimbras y otros tantos equipos de encofradores y de ferralla, que ejecutan todas las naves al tiempo, terminan en primer lugar las naves I y II, más cortas, como es previsible (figura 7). La duración total es de 92 días laborables, la mínima posible. Se utilizan muchos recursos, pero no existen tiempos de parada.

El número más adecuado de recursos sólo depende la relación entre el coste del recurso y el coste del

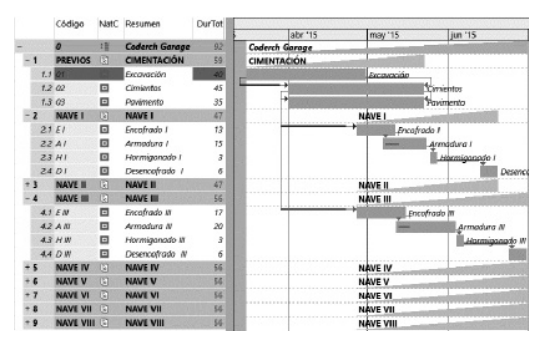


Figura 7
Planificación sin limitación de recursos

tiempo. Por ejemplo, para realizar los dos túneles del AVE bajo la sierra de Guadarrama se usaron cuatro tuneladoras, una por cada boca.

Ejecución con un sólo encofrado

En el caso opuesto, también es posible es utilizar un sólo encofrado, que se va desplazando de nave a nave.

Para enlazar una nave con la siguiente puede parecer adecuado un enlace CC entre el momento en que es posible desencofrar una nave y el encofrado de la siguiente. Sin embargo, no es la mejor solución. Si, por otras restricciones, el encofrado de la nave siguiente tuviera que empezar más tarde, se estaría retirando el encofrado anterior sin poder colocarlo en el lugar que le corresponde. Por tanto, enlazamos el hormigonado de una nave al encofrado de la siguiente, con el solape que corresponde al fraguado, creando otro enlace entre el comienzo de este segundo encofrado y el comienzo del desencofrado anterior (figura 8).

Con un sólo encofrado se obtiene una duración de 424 días (figura 9), observándose que existen muchos

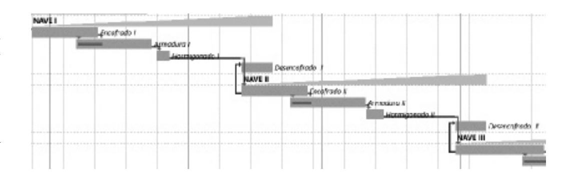


Figura 8
Planificación con un sólo encofrado, detalle

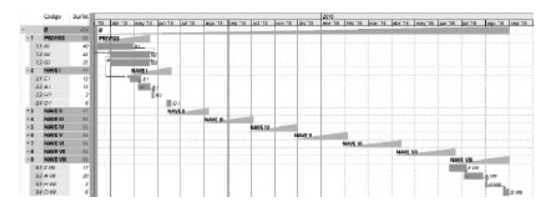


Figura 9
Planificación completa con un sólo encofrado

tiempos muertos, en el que todos los equipos están parados. Incluso sin un análisis de coste-beneficio, parece razonable utilizar al menos dos encofrados.

Ejecución con dos encofrados

Las actividades de naves sucesivas se enlazan como en el caso anterior, pero ahora alternando entre naves impares y entre naves pares (figura 10).

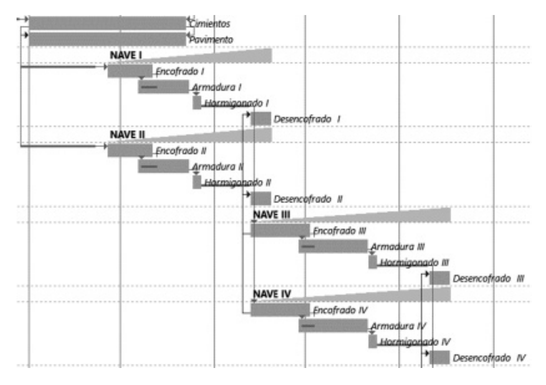


Figura 10
Planificación con dos encofrados, detalle

El lector interesado en reproducir este caso, a partir del cual se deducen fácilmente los siguientes, puede comprobar los enlaces necesarios, con sus tipos y solapes, en la tabla 2.

Con estas restricciones, la duración disminuye a 233 días (figura 11). Cada pareja de naves puede iniciarse simultáneamente, como se ve en la figura.

Esta solución, sin embargo, requiere tener también dos equipos de ferralla que, además, están un tiempo parados.

Antecesor	Sucesor	Tipo	Solape
Armadura I	Hormigonado I	FC	
Armadura II	Hormigonado II	FC	
Armadura III	Hormigonado III	FC	
Armadura IV	Hormigonado IV	FC	
Armadura V	Hormigonado V	FC	
Armadura VI	Hormigonado VI	FC	
Armadura VII	Hormigonado VII	FC	
Armadura VIII	Hormigonado VIII	FC	
Cimientos	Encofrado I	CC	22
Cimientos	Encofrado II	CC	22
Cimientos	Pavimento	CC/FF	
Encofrado I	Armadura I	FC	-4
Encofrado II	Armadura II	FC	-4
Encofrado III	Desencofrado I	CC	
Encofrado III	Armadura III	FC	-4
Encofrado IV	Desencofrado II	CC	
Encofrado IV	Armadura IV	FC	-4
Encofrado V	Desencofrado III	CC	
Encofrado V	Armadura V	FC	-4
Encofrado VI	Desencofrado IV	CC	
Encofrado VI	Armadura VI	FC	-4
Encofrado VII	Desencofrado V	CC	
Encofrado VII	Armadura VII	FC	-4
Encofrado VIII	Desencofrado VI	CC	
Encofrado VIII	Armadura VIII	FC	-4
Excavación	Cimientos	CC/FF	14 / 14
Hormigonado I	Encofrado III	FC	14
Hormigonado II	Encofrado IV	FC	14
Hormigonado III	Encofrado V	FC	14
Hormigonado IV	Encofrado VI	FC	14
Hormigonado V	Encofrado VII	FC	14
Hormigonado VI	Encofrado VIII	FC	14
Hormigonado VII	Desencofrado VII	FC	14
Hormigonado VIII	Desencofrado VIII	FC	14

Tabla 2
Enlaces entre actividades usando dos encofrados

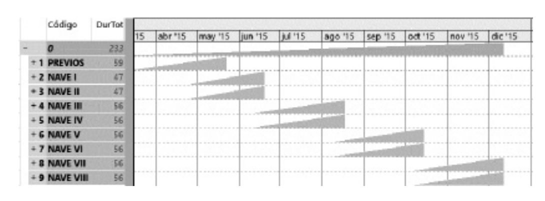


Figura 11
Planificación con dos encofrados

Podemos simular el uso de un sólo equipo, creando para ello enlaces FC entre las sucesivas actividades de armaduras (figura 12).

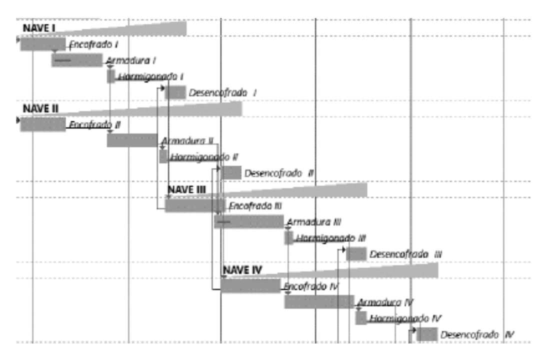


Figura 12
Planificación con dos encofrados y un equipo de ferralla, detalle

La duración sólo ha aumentado veinte días, pero el uso de recursos es mucho más eficiente (figura 13).

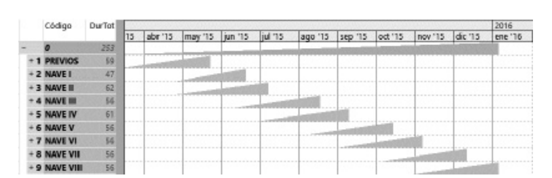


Figura 13
Planificación con dos encofrados y un equipo de ferralla

Ejecución con tres o cuatro encofrados

La siguiente posibilidad es utilizar tres equipos de encofrado. La duración se ha reducido de 253 días a 218, aproximadamente dos meses. Esta alternativa permite además utilizar un sólo equipo de encofradores, sin que por ello se alargue la obra (figura 14).

La introducción de un cuarto equipo de encofrado aceleraría el proceso, aun sin llegar a los 92 días obtenidos anteriormente con ocho, pero requeriría también nuevos recursos de montaje y ferralla.

Conclusiones

En principio, para determinar la alternativa más eficiente entre las analizadas sería necesario disponer

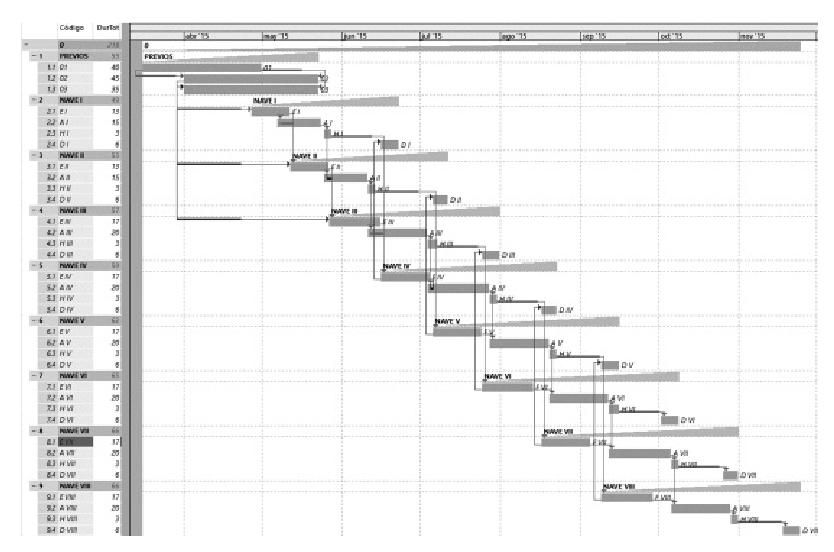


Figura 14
Planificación con tres encofrados, un equipo de encofradores y un equipo de ferralla

no sólo de datos sobre los costes de los recursos utilizados, que podrían localizarse en documentación de la época, sino del ahorro económico obtenido por cada sucesiva reducción del plazo de ejecución, dato del que ni siquiera dispondrían en su momento.

Sin embargo, la alternativa más rápida que se puede ejecutar con una sola cuadrilla de cada oficio sin tiempos muertos es la de tres encofrados, que es precisamente la utilizada en la realidad, como se observa fácilmente en el diagrama de barras publicado. Podemos asumir que los autores siguieron, mediante cálculos más o menos aproximados, un razonamiento similar al descrito, eligiendo esta rara decisión de usar tres encofrados, el único número que, a diferencia de las demás alternativas, no es divisor exacto del número de naves.

El parecido final entre la planificación obtenida con estas hipótesis y las fechas publicadas también confirma el razonamiento. Las diferencias entre ambas son coherentes con las variaciones naturales de los procesos. Por ejemplo, se puede asumir que sólo hubo un equipo para la ejecución de las armaduras, que pasa de las naves I a II, III a IV, IV a V y VII a VIII sin solape, aunque aparece un solape en los demás casos, cuando el avance en una nave ha sido mejor de lo planificado.

Trabajos futuros

Al desarrollar este trabajo se fue haciendo evidente el potencial didáctico de esta obra de Coderch.

Por una parte, su capacidad didáctica como ejemplo para simular digitalmente el proceso integral de una construcción, relacionando el modelo geométrico (figura 15), el presupuesto y, naturalmente, la planificación, desarrollado por algunos de los autores en (Valderrama et al. 2017).

Por otro lado, como modelo para realizar otros trabajos en el futuro:

- Otros análisis de la planificación temporal, como el punto de vista probabilista o la línea de equilibro (espacio-tiempos).
- La reconstrucción de las mediciones, el presupuesto y el número de recursos utilizados
- La verificación del comportamiento de la estructura.
- El análisis de las condiciones de iluminación, mencionadas en el artículo
- Análisis del comportamiento energético.

Toda la información utilizada es directamente accesible en Internet (Ochoa de Retana 1954).

Lista de referencias

García, Rafael. 2007. «Láminas plegadas de hormigón armado. Realizaciones en España». En *Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 7–9 junio 2007. Burgos. ISBN: 978–84–9728–242–0 (Obra completa); 978–84–9728–243–7 vol. 1.

IETcc. 1954. «Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, en la época Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Garaje Catasús, Barcelona Arquitecto: José Antonio Coderch». En *Informes de la Construcción.* (65). Madrid.

Ochoa de Retana, A. 1954. «Garage para camiones cisternas en Barcelona». En *Revista de Obras Públicas* 506–509, octubre. Madrid.

Valderrama, F.; Guadalupe, R.; Ramírez, C. y E. Muñoz. 2017. «Modelos para la docencia del BIM: el Garaje Catasús, de José Antonio Coderch». En *Actas de EUBIM 2017, Congreso Internacional BIM.* Universitat Politècnica de València, 19 y 20 de mayo.

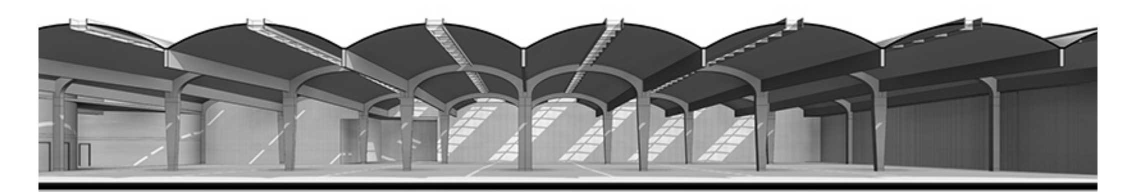


Figura 15
Vista interior

El proceso de construcción del centro cívico de Porto en el período entre guerras: la introducción de nuevos materiales, sistemas constructivos y vocabularios arquitectónicos

Clara Pimenta do Vale

A principios del siglo XX, Porto, como la segunda mayor ciudad de Portugal, quería afirmarse como una ciudad moderna y un auténtico contrapunto a la capital, Lisboa. El centro cívico estaba situado en la *Praça da Liberdade*[1], una plaza sensiblemente regular localizada fuera de las murallas medievales.

En la prosecución de lo deseo de afirmación de modernidad fue decisiva la promoción de una nueva centralidad con dimensión que permitiese acoger una serie de nuevos edificios para las funciones representativas de una ciudad moderna, como los bancos, las compañías de seguros, los bufetes de abogados y la sede de los periódicos, pero también otros de uso comercial y recreativo, como hoteles, grandes almacenes, cafeterías o salones de juegos.

Los cambios en la orientación política, tanto a nivel central como municipal – pasando de la Monarquía a la República, de una postura conservadora para otra más progresista y socialista – fueron también factores determinantes para este deseo de mudanza, y para la forma como se implementaran.

Antecedentes

El proceso de transformación urbana de la ciudad de Porto comienza efectivamente más de un siglo antes, con los trabajos iniciados por la *Junta de Obras Públicas*. En 1757, João de Almada e Melo, primo del Marquês de Pombal, es elegido para el cargo de Gobernador de Armas de la Ciudad, para aplacar los disturbios de la población, generados por la aplicación del impuesto sobre el cuartil de vino[2]. Al no existir, en la época, una distinción efectiva entre administración militar y administración pública, la actuación del nuevo Gobernador de Armas se extiende, con el tiempo, a aspectos de gestión urbanística, como el estudio de 1761 para el *Bairro dos Laranjais*. La dificultad de implementación de medidas de reforma urbana lleva a que se instituya, a partir de 1763, la toma de decisión en *Junta de Obras Públicas*, a la que el mismo presidía, teniendo asiento otros responsables municipales – un magistrado, el *Juiz de Fora*, y los Concejales municipales.

Es por decisión y acción de esta *Junta* – disponiendo de ingresos financieros propios derivados del impuesto del vino – que se abren un conjunto extenso de nuevas calles, que se rectifican otras, habiéndose, por primera vez en la historia de la ciudad de Porto, actuado según una estrategia de planificación urbana global, ciertamente muy basada en la experiencia de reconstrucción de Lisboa (Figueiredo 2013, 47), incluso do punto de vista legal[3].

El *Campo das Hortas*, situado lateralmente a uno de los alineamientos urbanos orientadores de esta nueva idea de ciudad[4], será reformulado en el Plano del *Bairro dos Laranjais* como *Praça Nova das Hortas.* Se transformará en centro cívico por la instalación, en 1819, del poder municipal en las dos casas nobles que mientras se construyen del lado Norte, las de Morais Alão Amorim y de Monteiro Moreira (Figueiredo 2013, 43).

A pesar de su buena dimensión, a finales del siglo XIX la Plaza ya no consigue comportar las funciones representativas de la ciudad moderna que en ella se quieren ver localizadas. Pero más determinante para la necesidad de renovación urbana es la incapacidad del propio edificio municipal de acoger los servicios que crecen, y otras alternativas son buscadas, desde la reconversión del hospital de *Santo António*, a una serie de otras propuestas de nuevas construcciones.

La necesidad de una plaza de mayor tamaño, donde un nuevo edificio municipal se pudiera localizar, era discutida en los periódicos y Carlos de Pezerat [Ingeniero Director de la *Compagnie Générale des Eaux pour l'Etranger*], intentando concretar a la idea, elabora un «Projeto de embelezamento da cidade do Porto...» (Pezerat 1889) que ofrece al Municipio, creando un *Grand Boulevard* que conecta la *Praça D. Pedro* a la *Praça da Trindade* en un rasgado profundo del tejido urbano.

Esta idea de renovación urbana, que se basa en extensas demoliciones, se restablece ya después de la instauración de la República [1910]. Primero, en 1915, a través de la propuesta de los servicios municipales (CMPorto 1915) para la apertura de la *Avenida da Cidade*, aunque muy similar al plano de Pezerat, pero donde, por la diferenciación de anchura, se asume ya una distinción entre la Plaza y la Avenida. Y posteriormente, por las propuestas de Barry Parker, que al haber sido invitado a apreciar la propuesta anterior, considera que la misma «nem era uma Avenida nem uma Praça – larga de mais para rua tão curta, e comprida de mais para uma praça» (Parker 1915, 5), y termina él mismo proponiendo, en secuencia, tres soluciones debatidas con elementos técnicos y políticos de la administración municipal.

En el proyecto elegido, el Grand Boulevard unitario de Pezerat se transforma en un conjunto de espacios urbanos, de escala más pequeña. Se diseñan 3 plazas [da Liberdade, da Trinidade, y una nueva, do Município], una gran avenida, de perfil variable, y un conjunto de calles transversales y diagonales de conexión al [o corte con el] resto de malla urbana.

La renovación urbana se inició en 1916 y tuvo un proceso de larga duración, con ritmos dispares, que atraviesa una época importante de cambio en la sociedad y en la actividad portuguesa de construcción: la transición de los sistemas tradicionales de construcción para sistemas industriales; la introducción de nuevos materiales y nuevos vocabularios arquitectónicos; la implementación y adopción de los requisitos legales más estrictos; aumento de las aspiraciones de confort; así como lo cambio en los regímenes de propiedad y en el mercado inmobiliario.

El plan de renovación urbana determinó la demolición de una grande área central, incluyendo el antiguo Ayuntamiento y la construcción de un conjunto de edificios con la imagen monumental deseada y donde los nuevos materiales, como las estructuras de hormigón y morteros decorativos de cemento Portland, hacen su entrada.

La nueva avenida

El proceso de demolición y edificación

Las primeras acciones para la concreción del plan son de demolición de las edificaciones entre el frente Oeste de la *Rua Elias Garcia*[5] y las traseras de los edificios situados en la *Rua do Almada*, iniciándose las mismas por el edificio del Ayuntamiento el 1 de Febrero de 1916[6]. La intervención requiere la expropiación de un conjunto grande de lotes urbanos en un proceso que tarda cerca de 2 años (figura 1).

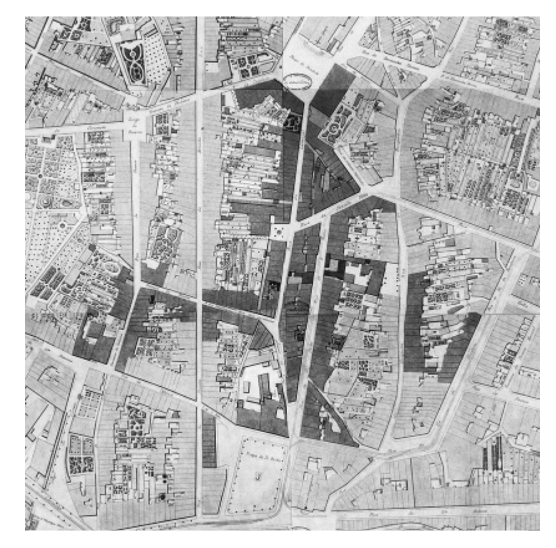


Figura 1
Zona que debería ser demolida para la implementación del plan de Barry Parker sobrepuesta a la planta de Telles Ferreira de 1892 (Figueiredo, Vale & Tavares 2013, 129).

Este proceso de renovación se realizó de dos maneras distintas. En el lado Oeste de la Avenida, donde las demoliciones conducirán a un conjunto de parcelas vacías, el proceso se basó en la construcción de nuevos edificios, erigidos de raíz. Pero, en el lado Este, casi sin demoliciones, se realizó un proceso urbano e constructivo de 'zurcido' entre los edificios existentes, que se encontraban en la antigua *Rua Elias Garcia*, y el nuevo trazado urbano – un proceso que en los lotes de la primera cuadra de la avenida corresponde a construir un nuevo edificio delante de los edificios existentes, y en los lotes finales de la segunda cuadra significa sólo un *'tirar hacia adelante'* la fachada, elaborada ahora según un nuevo diseño arquitectónico.

Cronología de la edificación

La ordenación temporal del proceso de construcción de los edificios al margen de la nueva avenida, a pesar de respetar un plano municipal, no es determinada por el ayuntamiento sino por el ritmo instituido por los privados que van adquiriendo los lotes y edificando. Por esta razón no se asiste a una construcción secuencial – que podría partir de la zona más estabilizada junto a la *Praça da Liberdade* – sino a un edificar aleatorio que deja espacios vagos entre lotes construidos. Incluso la indicación municipal de localización de algunas de las funciones-clave para el nuevo centro cívico, como las instituciones bancarias, fue condicionado por la colocación en venta en subasta pública de los terrenos[7] y su adquisición por otro que no lo pretendido por el municipio, como sucedió con la Caixa Económica Portuguesa / Caixa Geral de Depósitos[8].

El período entre 1918[9] [inicio de la venta en subasta pública de los nuevos lotes al margen de la Avenida] y el final de la década del 20, corresponde a la época en que más se edificó, con 24 edificios construidos o reconstruidos. En la década de 30 se irán construir 9 edificios, y hasta la década de los 60 sólo 5 más, pero casi todos de mayores dimensiones, tanto en términos de frente urbano, tanto en términos de altura (Figueiredo, Vale & Tavares 2013). El edificio municipal, cuya construcción se inició en 1920 será inaugurado sólo en 1957, de cierta forma acompañando la casi totalidad del tiempo de concreción de la nueva centralidad de los Aliados.

En el momento en que se inicia la construcción de los edificios del nuevo centro cívico, Portugal se encuentra en un período de cambio en relación a la práctica arquitectónica ya la actividad de la construcción. Por un lado, se había empezado a instituir un hábito de formación en el exterior de algunos de los mejores arquitectos, que traen nuevas referencias, sobre todo de lenguaje arquitectónico, pero también de contacto con nuevos materiales y modernas formas de construir. Por otro lado, primero en Lisboa, y más tarde en Oporto, se observa un aumento del tamaño de los edificios, de la promoción de la vivienda colectiva y el incremento de la actividad de construcción, determinando una mayor sistematización de los procesos de ejecución.

Anteriores a este proceso de los Aliados y como precursores de la introducción de nuevos materiales en la ciudad de Porto debemos referir dos importantes edificios públicos, proyectados por dos arquitectos con formación en la École Nationale et Spéciale des Beaux-Arts de París, y que también irán proyectar para el nuevo centro Cívico. El *Mercado do Bolhão* [1914–1917], proyecto del Arquitecto António Correia da Silva [1880–1963] – que será el autor del proyecto del Edificio Municipal – y donde se utilizan las estructuras de hormigón armado. Y el *Teatro Nacional de S, João* [1909–1920], proyecto de José Marques da Silva [1869–1947], docente y más tarde director de la *Escola de Belas Artes do Porto* [1913–1914, 1918–1939], y que será responsable de los dos edificios que abren, casi simbólicamente, la nueva alineación urbana, *A Nacional* y el *Banco Pinto Leite*. En el Teatro serán usados, por primera vez en Porto, revocos decorativos a base de cemento, convirtiéndose el mismo en referencia para obras posteriores de este e otros arquitectos.

El edificio municipal

En abril de 1916 (Carvalho 1992, 359) se lanzó un concurso público para la elaboración del proyecto del nuevo edificio municipal al que responden dos arquitectos, bajo las divisas ALEA y BEFFROI – término francés para la torre campanario pero, al mismo tiempo, también para el elemento que identifica el poder municipal. Según el acta nº 2 del Jurado (CM-Porto 1916), a pesar del reconocido mérito de la propuesta ALEA, la ganadora, se considera que el pro-

yecto no debe construirse y que el programa debería revisarse. Siendo el concurso sujeto a anonimato, fue, según dicen, con alguna sorpresa que el Jurado constató haber atribuido el primer premio al arquitecto del Ayuntamiento de Porto, António Correia da Silva (figura2). El segundo competidor, BEFFROI, era Edmundo Tavares [1892–1983], arquitecto del Ayuntamiento de Lisboa.

Los elementos de este procedimiento de concurso no se archivaron en su totalidad[10], pero a partir de los que permanecieron hasta nuestros días [mediciones, presupuestos y memorias descriptivas de los dos proyectos, e 3 plantas de ALEA] es posible hacer un primer análisis desde el punto de vista de los materiales preconizados y de las instalaciones previstas. A partir de la evaluación de los parciales de las mediciones también es posible sacar algunas conclusiones sobre la configuración del proyecto de BEFFROI.

La forma de descripción utilizada por los dos arquitectos es distinta. Correa da Silva facilita información más completa tanto en la memoria descriptiva como en las mediciones [aunque en la primera discurre más sobre cuáles son los mejores sistemas de calefacción y ventilación que sobre los materiales y sistemas constructivos utilizados] mientras que Edmundo Tavares presenta una breve memoria descriptiva y es omiso en la generalidad de los aspectos en las mediciones.

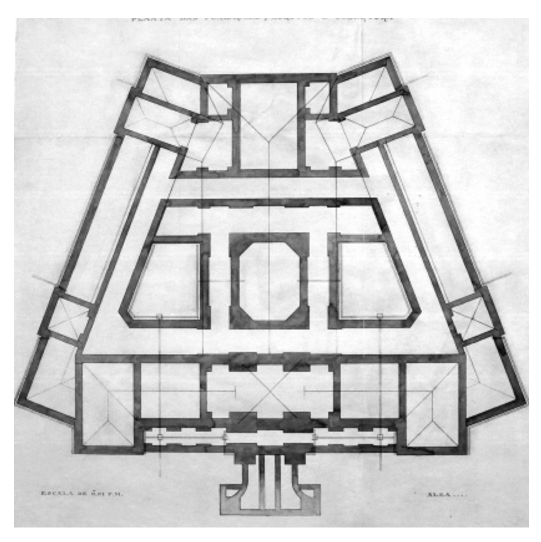


Figura 2
Planta de las fundaciones, alcantarillas y cobertura del proyecto ALEA (Silva 1916, Vale 2013).

En ambos proyectos las fachadas son en cantería, y la estructura de soporte vertical está garantizada por albañilería de piedra de granito [con espesores entre 0,60 y 0,80m], existiendo una gran diferencia en el papel que los nuevos materiales, en concreto el hormigón armado, iban a desempeñar en la construcción, siendo el proyecto ALEA más conservador en ese aspecto.

En este proyecto, aunque en la memoria descriptiva se afirme que «O cimento armado teria nesta construção uma grande aplicação em pavimentos de galerias, corredores, cúpula da escada nobre e da sala de sessões plenárias, escadas de serviço, arquivo, etc.», la utilización del mismo no está evidenciada en las mediciones, donde en las carpinterías se contabilizan «Travejamentos diversos em todos os pavimentos do edifício» (Silva & CMPorto 1916), con área equivalente a la de revestimiento de techos en estuco, no dejando la posibilidad de existencia de pavimentos en hormigón armado.

En contraposición, BEFFROI señala que «a estrutura geral do edifício será em cimento armado à excepção das vedações exteriores e da cobertura» (Tavares & CMPorto 1916), y en las mediciones contempla la utilización del hormigón armado, de forma corriente, en forjados de pavimentos de todos los pisos [18cm de espesor], en los balcones [8cm de espesor], terrazas [sin indicación de espesor] y en divisorias interiores [con 8cm de espesor - aspecto que constituyó una sorpresa].

De estas dos diferentes elecciones se derivan también opciones distintas al nivel del acabado de los suelos. En ALEA se utiliza mayoritariamente «Soalhos diversos em todos os pavimentos do edifício» -11266m^2 en 14350m^2 de área a revestir, en los 7 pisos considerados - complementado con «Mosaicos em pavimentos: na galeria exterior da frente principal; nas galerias em volta das repartições e da escada nobre; nos pavimentos das retretes. (...) Revestimentos a mármore: na escada nobre; na sala das sessões plenárias» (Silva & CMPorto 1916). En la memoria descriptiva de BEFFROI se refiere que los «Pavimentos interiores [são] em granito, madeira, vidro translúcido e lanitite» (Tavares & CMPorto 1916).

La *Lanitite* se aplicaba en la casi totalidad de los espacios - 4994m^2, contra 146m^2 de mosaico, 710m^2 de suelo en madera de *pitch pine* y 388m^2 de suelo

en madera de *casquinha*. La *Lanitite* - en francés *Xylolithe* - sería un aglomerado de cemento y fibras vegetales de madera inventado por el austríaco M. Zboril (Graffigny 1903, 302–303) y que se aplicaría sobre diversos tipos de suelos, garantizando, según la literatura de la época, higiene, impermeabilización, y aislamiento acústico, pudiendo doblar para rodapiés y paredes (N.N. 1908, 346–348), y tendría ya alguna aceptación entre arquitectos para edificios públicos como algunas referencias hacen creer (Colares 1914, República Portuguesa 1924, S.N. 1916). El tipo de descripción de aplicación y las ventajas anunciadas recuerda las referencias hechas en diversas publicaciones, en la misma época, al pavimento de C*orticite, fabricado a partir del corcho* (Vale & Silva 2016).

Diferentes son también las opciones tomadas en relación a las paredes interiores. En ALEA la compartimentación está garantizada por «Paredes de perpianho de 1/2 falha, de 0,20 de espessura» y por «Tapamentos dobrados», describiendo una solución en la continuidad con la tradición constructiva del siglo XIX[11]. En BEFFROI, donde por las mediciones se percibe la existencia de un conjunto de elementos que estructuran la planta [pabellones de ángulo, escalera noble, sala del senado, tribunales y claustros] y que sirven como elementos de soporte, las paredes interiores se ejecutan en albañilería de piedra en estos elementos y en «cimento armado», como ya se ha mencionado, en las restantes separaciones de todas las plantas.

En ambos proyectos las estructuras de las cubiertas son de madera, revestidas de pizarra en el proyecto ganador, y la «telha sistema Francês» en el proyecto derrotado.

Por el tipo de elementos que fueron guardados de este proyecto de concurso, que raramente se conservan en relación con edificios de esta época (y posteriores), el mismo se constituye como una contribución importante al conocimiento de la forma de construir a principios del siglo XX, en la ciudad de Porto.

En 1916 se decidió no ejecutar el proyecto vencedor, pero a partir de 1919 Antonio Correia da Silva se encarga de hacer el proyecto que sigue este proyecto de concurso, cuya obra se inicia en 24 de junio de 1920. El tiempo de ejecución es largo (figura 3) por el que existe una actualización del sistema constructivo, especialmente a nivel de las estructuras de los pavimentos que pasan a ser en hormigón armado.



Figura 3
Fotografía (inicio de los veinte) donde es visible la fachada de la iglesia de la Trinidad y las empeñas dejadas aparentes por las demoliciones. Se reconocen también las fundaciones de la zona central del edificio municipal (zona trapezoidal de los dos patios y escalera noble). Archivo de Manuel Caetano de Oliveira cedido por el nieto, Miguel Filgueiras.

Las obras particulares

A pesar del análisis y referencia a edificios públicos, la introducción de los nuevos materiales en la práctica constructiva corriente de la ciudad de Porto puede ser más fielmente evaluada a través de las obras particulares, porque los primeros corresponden a momentos excepcionales de afirmación, donde el acceso a nuevos recursos materiales acaba a ser facilitado, o promovido, y los segundo son testimonio de la diseminación que se va procesando a través de técnicos, constructores o dueños de obra.

En el caso de las obras particulares la información disponible corresponde en la mayoría de los casos a la patente en el proceso de concesión de licencias[12]. Algunos archivos profesionales de arquitectos fueron guardados por los mismos y más tarde depositados en instituciones públicas.

Como Arquitecto Municipal (1904 a 1906), miembro de la comisión de Estética, docente y hombre de cultura, Marques da Silva se pronuncia sobre la imagen de ciudad que el plan de Parker preconizaba contraponiendo su propia propuesta tanto desde el punto de vista urbano, como del modo como las edificaciones debían ser proyectadas. Es en este sentido que en 1919 (figura 4) elabora un dibujo en el que relaciona los dos edificios que deben puntuar los ángulos de las dos cuadras inicia-

les de la Avenida, como un pórtico que se establece y marca la entrada, como un pre-escenario que ha de enmarcar el edificio municipal. Esta propuesta, hecha en un momento en que ninguno de los proyectos le estaría rigurosamente entregado, marca efectivamente lo que sería el modelo a seguir en la avenida: un lenguaje de influencia *Beaux-Arts*, aumento de la altura y de la verticalidad de la composición, marcación del ángulo con un torreón, campanario o cúpula, composición en planta que privilegia un eje diagonal al lote, distribución de elementos estructurales que se aparta de la lógica constructiva del siglo anterior.

La matriz constructiva portuense, a principios del siglo XX, todavía se basaba en el sistema tradicional de la edificación burguesa mercantilista, iluminista y liberal (Fernandes 1999, Teixeira 2004), y en una estructura de propiedad de lotes estrechos y profundos, que en la ciudad intramuros garantizaba la mayor rentabilización del espacio público y que fue transpuesta, casi sin cambios, para las expansiones urbanas extramuros, como la *Rua do Almada* o la *Rua da Boavista* (Vale & Almeida 2012).

Estructura catastral que era un reflejo casi directo de las condicionantes del sistema constructivo que con todo se va alterando en el paso del siglo XIX al siglo XX: paredes medianeras ejecutadas en albañilería de piedra [que de piedra irregular pasa a bloques de perpiaño con dimensiones regulares, con la mayor sistematización de los elementos y materiales constructivos]; estructura de pisos de madera [también con una sistematización creciente de los elementos que la constituyen, de las vigas de troncos de madera simples, pasa a troncos falcados en dos o cuatro caras, hasta las vigas de sección rectangular que ya son la forma corriente a principios del siglo XX]; paredes divisorias en tabique de madera [de diversos tipos, simples o dobles]; cubiertas de 2 o 4 aguas con estructura de madera y revestimiento a teja cerámica, generalmente *Marselha*; escaleras de acceso centrales al lote, con una claraboya, distribuyendo el espacio y la luz.

En uno de los primeros edificios a ser construidos en la Avenida, el edificio Soares da Costa del arquitecto Michelangelo Soá [-1935], a pesar de la mayor anchura del lote, la asunción de la matriz tipológica y constructiva tradicional portuense es evidente. En la memoria descrita se habla de «seis moradas de casas» (CMP & Soá 1919) y los elementos dibujados no dejan dudas sobre la composición por yuxtaposición de

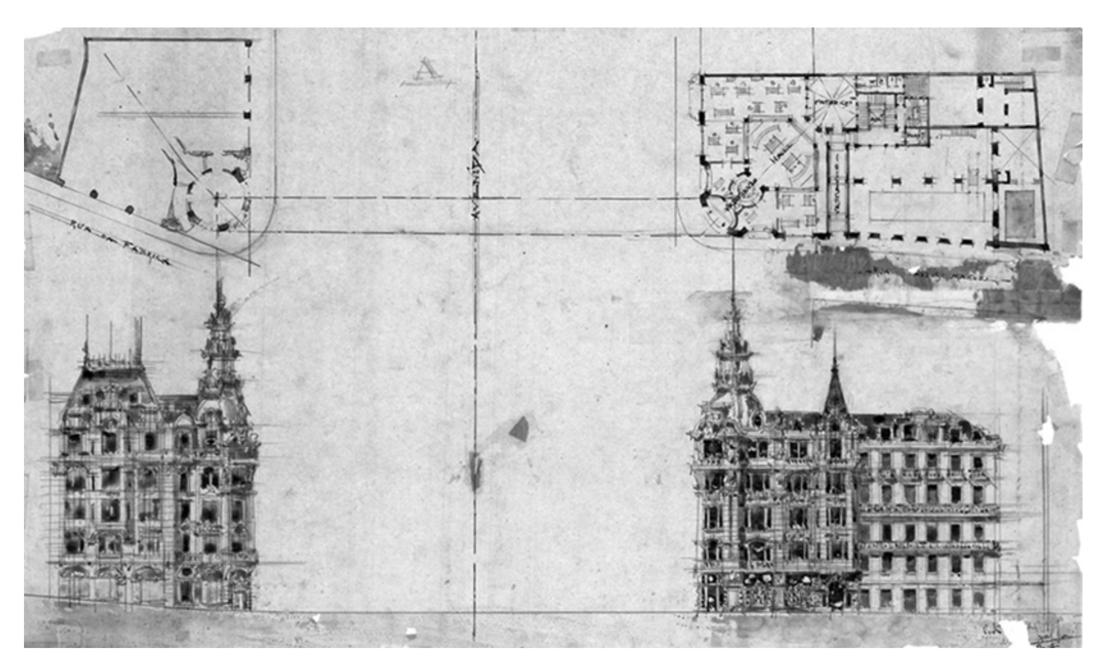


Figura 4
Estudio conjunto de los dos edificios, Avenida dos Aliados, José Marques da Silva (Silva 1919).

6 edificios independientes. De igual forma, desde el punto de vista constructivo, este edificio no difiere mucho del sistema de la casa burguesa anteriormente descrito, con paredes medianeras responsables de las cargas verticales, un alejamiento entre las mismas compatible con los vanos admisibles para la estructura de madera y una independencia de accesos verticales, todo unificado por un diseño de alzado (figura 5).

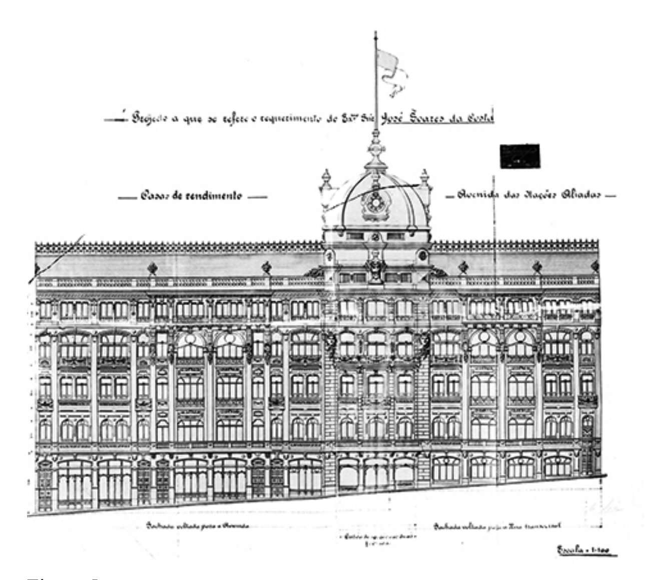
La práctica de ejecución de alzados de conjunto que se superponen a una estructura catastral viene también del tiempo de la Junta de Obras Públicas, con ejemplos paradigmáticos como en la Rua de S João, donde un diseño Neopaladiano, unitario, se encuentra con tímpanos y frontones repartidos por varios lotes, en una diferencia de propiedad que el tiempo se encarga de evidenciar.

Ninguno de los otros edificios construidos de raíz en este período en la Avenida recurre a la misma estrategia de subdivisión en lotes más estrechos, optando por una distribución tanto espacial como de alzado que entiende el edificio como un elemento unitario y que debe ser resuelto íntegramente. Sin embargo, la unión de varios lotes en una misma composición de alzado se aplicó en las dos cuadras del lado naciente, superponiéndose a una división catastral preexistente de lotes más estrechos. Están en estas circunstancias, los proyectos de Leandro de Morais (CMP & Morais 1924, 1929, 1931) y José Marques da Silva (CMP & Silva 1927a, b) para las 2 primeras cuadras del lado Este.

Así, desde el punto de vista de distribución espacial y de los elementos constructivos de soporte, en esta zona se siguen dos estrategias distintas:

- El mantenimiento de las dos paredes medianeras, en los límites del lote, como elementos de soporte vertical, y complemento de la estructura por elementos puntuales metálicos o de hormigón - sean pilares y, o, vigas - cuando la dimensión del vano o determina.
- Una definición espacial que se basa en una organización del edificio en grandes células, delimitadas por paredes portantes de albañilería que constituyen la estructura vertical de soporte, y que permiten que la estructura horizontal pueda tener diferentes orientaciones en cada célula - y también ser ejecutada en diferentes materiales.

Son ejemplos del segundo caso de los proyectos de Moura Coutinho [1872–1954] para el *Banco do Minho* (CMP & Moura Coutinho 1919) y para el *Banco Lisboa & Açores* (CMP & Moura Coutinho 1921), y el proyec-



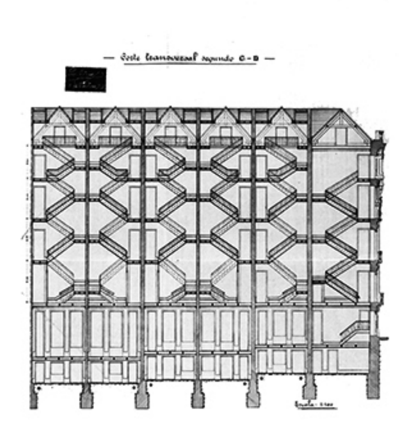


Figura 5
Alzado planificado y corte del edificio Soares da Costa (CMP & Soá 1919).

to de Rogério de Azevedo [1898–1983] para el periódico *O Comércio do Porto* (CMP & Azevedo 1930).

Y como ejemplo de la primera estrategia podemos considerar el Edificio *Monumental* proyecto también de Michelangelo Soá (CMP & Soá 1923), donde la estructura de un lote con cerca de 33 m de ancho se resuelve con las paredes perimetrales y un conjunto de 12 pilares aislados a nivel del sótano y sólo 6 en los pisos superiores, usando, en cierto modo, los principios de la planta libre que postulados por Le Corbusier con la casa Dominó[13].

Notas

Trabajo cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del COMPETE 2020 Programa Operativo Competitividad e Internacionalización (POCI) y por fondos nacionales a través de la FCT - proyecto POCI-01–0145–FEDER-007744.

1. La Praça de Liberdade toma diferentes nombres: Sera Campos das Hortas, Praça Nova das Hortas, Praça Nova, Praça da Constituição, Praça D. Pedro, tomando, tras la implantación de la República, la denominación que aún hoy mantiene de Praça da Liberdade.
2. Que suceden en el momento de la creación del monopolio de la Compañía de las Viñas y de la Agricultura del Alto Duero, una de las seis compañías monopolista creadas pelo Marquês de Pombal.
3. La legislación que fue promulgada para la ciudad de Lisboa en 1758, para permitir una mayor celeridad de las obras de reconstrucción, pasa a aplicarse a la ciudad de Oporto a partir de 1769 (Vale 2011, 114).
4. Este eje urbano estructurante es la Rua Nova do Almada que conecta el antiguo postigo de Santo Elói [Puerta del Almada a partir de 1766] a otra nueva plaza a la cuota alta [el campo de Santo Ovídio, más tarde la primera plaza militar capaz de comportar la parada de un regimiento].
5. Con la Republica, la Rua D. Pedro cambia su nombre para Rua Elias Garcia.
6. En 2016 se celebró el centenario de la Avenida con un conjunto de iniciativas – Conferencias, Visitas y una Exposición virtual, con reproducción de documentación original, esta última accesible en https://nocentenariodaavenida.up.pt/.
7. Las alteraciones políticas derivadas de la revolución de 5 de diciembre de 1917 (República Nova de Sidónio Pais) llevan también a cambios en el poder municipal (instalación de la Comisión Administrativa presidida por Artur Jorge Guimarães, en 1918) que se consubstancian en una actitud crítica a la gestión anterior y la forma en que la misma había tratado las intervenciones en el centro cívico: la misma «foi demolir um bairro que não era dos piores e onde as expropriações (eram) mais caras, deixando em pé aqueles que hã muito deveriam ter desaparecido». La nueva gestión municipal, con el doble propósito de promover la construcción, pero también de recaudar dinero, inicia la venta de los lotes (cf. Carvalho 1992, 360).
8. El municipio había asignado a la segunda institución bancaria nacional, el primero de los lotes de la Avenida, cerca del Banco de Portugal, pero el lote fue adquirido en subasta pública por la compañía de seguros A Nacional. Esta situación acabó a determinar uno de los más raros episodios ligados a la edificación de la avenida – la elaboración, para un mismo lote, en un período de cerca de 3 años, de 3 proyectos, elaborados por 2 arquitectos para 2 instituciones distintas. Caixa Económica Portuguesa: 1917 - José Marques da Silva. Companhia de Seguros A Nacional: 1919 - Francisco de Oliveira Ferreira; 1920 - José Marques da Silva.
9. Las fechas que consideramos son las de la emisión del permiso de construcción, a la que estaban sujetas todas las obras particulares. En la época no existía la obligatoriedad de emisión de licencia para edificios públicos, estando en esas circunstancias el edificio del Ayuntamiento, el Banco de Portugal y la Caja Económica Portuguesa.
10. Hay algunos diseños del proyecto ganador que pueden corresponder a este proyecto de concurso pero el proyecto clasificado en segundo lugar o no se ha guardado, o aún no se ha localizado en el proceso de incorporación de documentos municipales en el archivo histórico.
11. Sobre la «Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto» se aconseja el trabajo de Joaquim Teixieira (2004).
12. El proceso de concesión de licencias está constituido, en esta época, por un requerimiento, una declaración de responsabilidad por la Seguridad de los Trabajadores según el reglamento de 1895 [y no por la autoría del proyecto], una memoria descriptiva [que describe los sistemas constructivos y materiales utilizados], una memoria descriptiva relativa a las redes hidráulicas [esta obligación se determina con el Reglamento de Salubridad de las Edificaciones Urbanas de 1903 y inicialmente esta parte estaba incluida en la memoria general de arquitectura pero posteriormente pasa a ser una hoja pre-impresa donde sólo se indican algunos puntos], elementos diseñados [plantas, cortes y alzados a la escala 1/100, pudiendo existir algún detalle a una escala 1/20]. En el caso de la existencia de elementos de hormigón armado, se adjunta también una declaración de responsabilidad por la obra de hormigón armado y los respectivos cálculos [que pueden constituir una memoria descriptiva independiente o ser incluidos en la memoria descriptiva de arquitectura].

13. No hay datos que permitan afirmar que Michelangelo Soá conocía la casa Dominó u otros trabajos e los escritos de Le Corbusier. Poco se sabe de este arquitecto de origen italiana, que fue Profesor de la Escuela Industrial Infante D. Henrique, que se casó en Porto y falleció en 1935.

Lista de referencias

Carvalho, António Cardoso Pinheiro de. 1992. «O Arquitecto José Marques da Silva e a Arquitectura do Norte do País na Primeira Metade do Sec. XX». Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras, U. Porto.

CMP & Rogério de Azevedo. 1930. *Licença nº 612/1930*. Avenida dos Aliados, 109–137 [O Comércio do Porto], Porto: AHMP.

CMP & Leandro de Morais. 1924. *Licença* nº 1183/1924. Avenida dos Aliados, 66–80 [Lima Júnior], Porto: AHMP.

CMP & Leandro de Morais. 1929. *Licença nº 308/1929*. Avenida dos Aliados, 90 [Montepio Geral] Porto: AHMP.

CMP & Leandro de Morais. 1931. *Licença nº 832/1931*. Avenida dos Aliados, 66–80 [Banco Borges & Irmão], Porto: AHMP.

CMP & João de Moura Coutinho. 1919. *Licença nº 234/1919*. Avenida dos Aliados, 35–41 [Banco do Minho], Porto: AHMP.

CMP & João de Moura Coutinho. 1921. *Licença nº 907/1921*. Avenida dos Aliados, 42–54 [Banco Lisboa & Açores], Porto: AHMP.

CMP & José Marques da Silva. 1920. *Licença nº 718/1920*. Avenida dos Aliados, 1–19 [A Nacional], Porto: AHMP.

CMP & José Marques da Silva. 1927a. *Licença nº 922/1927*. Avenida dos Aliados, 156–168 [Jornal de Notícias], AHMP, Porto.

CMP & José Marques da Silva. 1927b. *Licença nº 938/1927*. Avenida dos Aliados, 156–168, AHMP, Porto.

CMP & Michelangelo Soá. 1919. *Licença nº 302/1919*. Avenida dos Aliados, 71–89 [Soares da Costa], Porto: AHMP.

CMP & Michelangelo Soá. 1923. *Licença nº 957/1923*. Avenida dos Aliados, 165 [Almeida e Cunha / Monumental], Porto: AHMP.

CMPorto. 1915. *Projeto de uma avenida ligando a Praça da Liberdade com a Praça da Trindade, aprovado em 1915–02–03, com indicação de ter sido substituído pelo projeto aprovado em 1915–11–29*. Porto: AHMP, Cota D.CMP:2(150).

CMPorto. 1916. *[Documentos sobre o concurso para o projeto dos Paços do Concelho]*, Porto: AHMP, cota D-CMP-19(37).

Colares, Nuno. 1914. «O novo Asilo de Mendicidade 'Conde de Agrolongo' em Braga. Projecto do Arquitecto, Sr. Almeida Eça.» *A Arquitectura Portuguesa*, Julho, 25–28.

Fernandes, Francisco Barata. 1999. *Transformação e Permanência na Habitação Portuense. As formas da casa na forma da cidade*. Porto: FAUP publicações.

Figueiredo, Ricardo. 2013. «A centralidade do Porto: A Praça e a Avenida.» In *Avenida dos Aliados e Baixa do Porto : Memória, Realidade e Permanência*. Porto: Porto Vivo SRU,.

Figueiredo, Ricardo, Clara Pimenta do Vale & Rui Tavares. 2013. *Avenida dos Aliados e Baixa do Porto: Memória, Realidade e Permanência*. Porto: Porto Vivo SRU,.

Graffigny, H. de. 1903. *Fabrication et emploi des nouveaux matériaux artificiels pour la construction moderne*, Bibliothèque des professions industrielles, commerciales et libérales.

N.N. 1908. «O que dizem as Revistas.» *Revista Polytechnica*, 338–348.

Parker, Barry. 1915. *Memórias sobre a projectada Avenida da Cidade da Praça da Liberdade ao Largo da Trindade, pelo Engº Barry Parker*. Porto: Câmara Municipal do Porto.

Pezerat, Carlos de. 1889. «Projecto d'embelezamento da cidade do Porto para servir a edificação aos novos Paços do Concelho e outros edifícios públicos oferecido a Ex. ma Câmara Municipal pelo Engenheiro Carlos de Pezerat», Porto: AHMP, Cota D.CDT.A5.30.

República Portuguesa. 1924. *Colecção das Ordens do Exército do ano de 1923*. Lisboa: Imprensa Nacional.

S.N. 1916. «Hospitais da Universidade.» *Gazeta de Coimbra*, Ano V, Nº 513, 28 de junho.

Silva, António Correia da. 1916. «Planta das fundações, esgotos e coberturas», Porto: AHMP, Cota D-CTD-A5–061.

Silva, António Correia da & CMPorto. 1916. «Medição, Orçamento e Memória Descritiva - ALEA.» In *[Documentos sobre o concurso para o projeto dos Paços do Concelho]*. Porto: AHMP, Cota D-CMP-19(37).

Silva, José Marques da. 1919. «[Estudo do arranque da Avenida]», Porto: FIMS, Cota MSMS 2320–pd0003.

Tavares, Edmundo & CMPorto. 1916. «Medições - Divisa BEFFROI.» In *[Documentos sobre o concurso para o projeto dos Paços do Concelho]*. Porto: AHMP, Cota D-CMP-19(37).

Teixeira, Joaquim José Lopes. 2004. «Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX. Contributo para uma história da construção arquitectónica em Portugal.» Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

Vale, Clara Pimenta do. 2011. «Um alinhamento urbano na construção edificada do Porto. O eixo da Boavista (1927–1999). Contributo para a História da Construção

em Portugal no século XX.» Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitectura da U. do Porto.

Vale, Clara Pimenta do. 2013. «Códigos de Posturas da Cidade do Porto entre o Liberalismo e a República. Influências e reflexos na forma de construir corrente». *I Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira*, Vitória do Espírito Santo, Brasil, 4 a 6 de Setembro de 2013.

Vale, Clara Pimenta do. 2015. «Entre o corrente e a excepção. Os edifícios do "novo" centro cívico da cidade do Porto.» *Patorreb* 2015, Porto, 26–28 de Março.

Vale, Clara Pimenta do & Vitor Abrantes Almeida. 2012. «Urban Dynamics and Horizontal Property: Case Study of the Boavista Axis, Porto, Portugal.» *Nuts & Bolts of Construction History*, Paris, 3–7 Julho 2012.

Vale, Clara Pimenta do & Joana Guerreiro Silva. 2016. «A introdução dos transformados derivados de cortiça na construção portuguesa. Entre os ecos do estrangeiro e a implementação nacional.» *2.º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira*, Porto, 14 a 16 de Setembro de 2016.

Ex-convento franciscano del siglo XVI, en Atlihuetzía, Tlaxcala, México

María Guadalupe Valiñas Varela

En relación al planteamiento del problema, se observan en nuestra época gran número de construcciones del siglo XVI que datan del tiempo de Hernán Cortés, como es el caso del ex-convento franciscano de la Concepción o Santa María Atlihuetzía, en Yauhquemecan, Tlaxcala, el cual se encuentra en condiciones de deterioro, sin embargo, tiene características estéticas presentes. Actualmente es un espacio simbólico puesto que es el Santuario de los niños mártires que serán canonizados el 15 de octubre del 2017, evento quese realizará en la Plaza de San Pedro en el Vaticano.

La hipótesis se deriva de asumir que la Arquitectura del siglo XVI, de este tipo, tiene características estéticas diversas que surgen de la forma de construcción prevaleciente en ese tiempo originadas por un sincretismo cultural y religioso que produjo el arte tequitqui, y basó su construcción en un estilo con el toque indígena.

El objetivo principalde este trabajo es evaluar la construcción existente a partir de sus vestigios e historia analizando desde una perspectiva arquitectónica elementos producto de un sincretismo que originó el arte tequitqui, que se conjuntó con la Arquitectura mudéjar proveniente de la España del sur. Entre los objetivos particulares, se puede referir un análisis de lo existente y de los sistemas constructivos utilizados en aquella época que prevalecen hasta nuestros días, partiendo de las siguientes preguntas de investigación: ¿qué características presentaban este tipo de construcciones y cuáles eran los sistemas constructivos existentes y las formas de llevarlos acabo para que prevalezcan hasta nuestros días comoun elemento de carácter estético? ¿Qué características tiene el arte tequitqui y que aportó a la Arquitectura? ¿Modificó la mano de obra indígena la construcción de este tipo de edificios en la Nueva España como producto de un sincretismo?

Con estos cuestionamientos se propone analizar aspectos históricos, teóricos y físicos del edificio, obteniendo los resultados del mismo, para en un tiempo posterior realizar por medio de drones una nube de puntos que puedan determinar a mayor precisión las características de la construcción, su estado actual y características.

Marco Histórico

El encuentro de dos mundos culturales fue inminente como se menciona en el libro de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos, se unieron criterios para realizar arquitectura de forma conjunta con una cosmogonía diferente que logró una unificación, «Tras la sangrienta lucha armada, se unieron en la paz para ligar sus criterios y conocimientos en un solo producto arquitectónico» (Chanfón 1997, 283), sin embargo, en el caso de Atlihuetzía no fue tras una lucha sangrienta puesto que los tlaxcaltecas fueron aliados de Cortés.

Muchas de estas construcciones están asentadas sobre ruinas arqueológicas como es el caso del ex-

convento franciscano, mismas que han sido poco estudiadas y se coincide con la siguiente cita que asegura que «Quizá la etapa más importante que hoy puede visualizarse como necesaria, es la de las exploraciones arqueológicas» (Chanfón 1997, 284)

Sin embargo, ¿por qué sería necesaria la construcción de conventos en el siglo XVI?, aquí la respuesta, «Para comprender la razón de ser de los conventos mexicanos, es necesario aludir al fenómeno de la evangelización. Evangelizar significa etimológicamente "propagar la buena nueva" y tradicionalmente se ha dado este apelativo a la difusión de los principios fundamentales del cristianismo» (Chanfón 1997, 284) Además las características de los mismos no eran al azar, tenían que ver con dogmas de fe, donde incluso la altura de los mismos era muy representativa. Los encargados de evangelizar eran las órdenes mendicantes, en el caso de Atlihuetzía corresponde a los franciscanos la cual tenía ciertas características.

> La orden franciscana, por su lado, dividida internamente por las facciones conventual y observante y afectada por la crisis religiosa, había sido finalmente reordenada y unificada por el cardenal primado de Toledo, Don Francisco Jiménez de Cisneros. En muchos de sus miembros, sin embargo, perduraban las ideas del milenarismo Joaquinita, ampliamente difundido por Gerardo di Borgo y Ubertino di Casale, miembros de la orden en el siglo XIV, quienes habían dejado, en los hijos de San Francisco, la sensación de que los franciscanos eran aquellos monjes espirituales, paladines de la tercera etapa, la del Evangelio Eterno, en la que los cristianos se portarían como niños, inspirados en un profundo espíritu de caridad. Los franciscanos a la cabeza de los monjes mendicantes, llevando en su subconsciente los vestigios milenaristas — restos de la utopía medieval— encabezaron el intento de crear una nueva sociedad cristiana, esencia de la utopía renacentista, que concebían libre de la crueldad de la guerra y de la ambición del oro, y debían lograr valiéndose de la evangelización. (Chanfón 1997, 285–286)

El pueblo de Atlihuetzía representó una importancia estratégica en la conquista española del Imperio Azteca concretamente en la toma de la ciudad de Tenochtitlan ya que ahí se habilitó la prefabricación de la madera para los trece bergantines cuyas partes desarmadas fueron llevadas por tierra hasta Texcoco para ser ensamblados en esa ciudad, ser echados ahí mismo y navegar hacia Tenochtitlán , además de haber aprovechado tanto en la habilitación como en el ensamble, la mano de obra de nativos derivada de la alianza de los españoles con los señoríos de la zona como lo señala Diego Muñoz (Brotherstony Gallegos 1989,122).

Alcalá recopila la importancia militar que los bergantines tuvieron en la conquista de la ciudad de Tenochtitlán «Y se partió entrante el mes de diciembre de 1520, mediado del mes de diciembre de dicho año, y envié a toda la gente de a pie a Tascaltecal, adonde se hacían los bergantines» (Alcalá 2005.131)

El autor Bernal Díaz del Castillo también hace referencia a la estratégica fabricación de los bergantines.«Con todos los más de nuestro ejército fuimos a Tascala» (Díaz, 302–304).

En entrevista con Isaías Ocampo cronista actual del lugar menciona la historia «Diego Piltecutli y el capitán Gonzalo Acxotécatl (Axotecatlcocomixtli) señores y caciques de Atlihuetzian después de ser bautizados bajo la doctrina cristiana, al primero se le nombró primer fiscal de la iglesia de Santa María Atlihuetzía en la segunda mitad del siglo XVI.Acxotécatl participó militarmente con un rango alto en la toma de Tenochtitlán y por esos méritos después de concluida la conquista recibió de manos del propio Cortés la imagen de la Virgen conocida como La Conquistadora. Acxotécatl mató a su hijo Cristóbal, al destruir algunos ídolos de su padre, durante un ceremonial pagano como parte de los viejos rituales que aún practicaban los tlaxcaltecas, convirtiéndose así en uno de los tres niños mártires (beatificados por el Papa Juan Pablo II en 1990).

> Los datos más tempranos acerca de la Iglesia de Atlihuetzía los proporciona el propio fray Toribio de Benavente "Motolinia", quien menciona que en 1528 él mismo había trasladado los huesos del niño Cristóbal, y que se habían depositado "interinamente junto a un altar donde se celebra el santo sacrificio de la misa, en tanto se acababa de fabricar la iglesia de Santa María.Acerca del asentamiento franciscano se sabe que en 1555 fue introducido el Santísimo Sacramento, comenzando de ésta manera el culto formal en la capilla mayor, que sería la parte ya terminada de la iglesia conventual, y para 1569 según el Códice Franciscano había dos frailes residentes. al parecer en 1585 el convento ya contaba con todas sus dependencias y la iglesia tenía ya su primera techumbre de madera, a juzgar por ciertos elementos constructivos aún visibles, mismos que dejan ver también varias etapas constructivas con diferentes materiales.[1]

Marco teórico

Conceptos básicos

Monumento Histórico: La carta de Venecia en su artículo 1ero lo define como «La creación arquitectónica aislada, así como el conjunto urbano o rural que da testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa, o de un acontecimiento histórico» (Carta de Venecia 1964)

Patrimonio Mundial: lo conforman aquellos bienes o sitios que poseen un valor excepcional universal, es decir, que tienen una importancia cultural o natural extraordinaria que trasciende fronteras y son importantes para las generaciones presentes y futuras de la humanidad.[2]

Patrimonio urbano: «Son los conjuntos, centros, sitios históricos e hitos urbanos que evidencian la existencia de una identidad cultural tangible en el medio que los rodea, y el arquitectónico son los edificios y monumentos cuyo valor cultural es asignado debido a los materiales que los constituyen, a su técnica de manufactura, época, tipo de objeto, entorno, autor y significado» (Álvarez, Gaspar y Quiroga 2010,10).

Conventos del siglo XVI

La arquitectura de estos espacios en esta época era similar y cumple con ciertas características como se ve a continuación:

> Es fácil …. distinguir las construcciones del siglo XVI en México. Sus formas, genéricamente españolas, se mexicanizan en la simplicidad de las masas y perfiles y en la sobria distribución de sus tableros profusamente ornamentados. Inmediatamente salta a la vista que esas iglesias y conventos fuera de proporción con sus congregaciones actuales. Ubicados generalmente en plazas algo distantes del centro de actividades de la población, se yerguen como gigantes olvidados por el pueblo (Kubler 2012,67).

A partir de la experiencia constructiva europea se llevan a cabo en la Nueva España durante el siglo XVI y consecuentes del virreinato, construcciones de conventos y templos con programas arquitectónicos similares en el centro del país y en el norte de Oaxaca (figura 1).

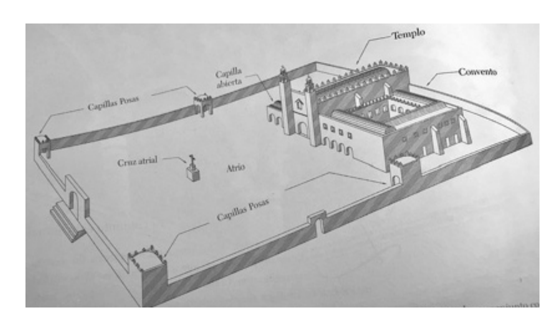


Figura 1
Apunte perspectivo de un conjunto conventual. (Meli 2011,108)

> La secuencia temporal de construcción de los conventos en pueblos de indios puede establecerse, de manera muy simplificada, como sigue: hasta 1526 sólo hubo albergues provisionales, con techo de paja, para la iglesia y los frailes; entre 1526 y 1540 se dieron las capillas abiertas aisladas, los templos de tres naves (de tipo basilical) con techo de madera, y aparecieron los primeros conventos definitivos no estaban terminados para finales de siglo. El predio del convento era siempre de grandes dimensiones, de entre 5.,000 y 10.000 m^2. Gran parte del área estaba destinada al patio, comúnmente llamado atrio (Motolinía) (Meli 2011,108–109).

Prontamente se organizaron con los indígenas para la construcción dándose diversos roles, sin embargo, el diseño y la supervisión se lesatribuye directamente a los franciscanos como se menciona a continuación: «hay razones poderosas para creer que ésta fue asumida íntegramente por las órdenes mendicantes, franciscanos, agustinos y dominicos» (Kubler 2012, 166).

Sin embargo, fue necesario la mano de obra indígena:

> Que los artesanos europeos hayan practicado la instrucción generosa entre los indios más allá de lo que se ha dicho, parece ser tan poco probable como su participación en la vasta actividad constructora. Por el contrario, se sabe que los españoles se mostraban reacios a capacitar a los indígenas por temor a la competencia. Motolinia relata que los españoles intentaron, sin éxito, impedir el conocimiento de sus oficios a los indios. La formación de gremios, como el de los pintores y doradores organizado en 1557, con todo un sistema administrativo de inspecciones y exámenes, representa con seguridad el esfuerzo de los europeos para mantener el control de un

mercado invadido por indígenas competidores (Kubler 2012, 165).

Se fue entonces conformando la mano de obra:

> El trabajo especializado en el México prehispánico se empleaba sólo en la decoración de los edificios, con la cual los pintores, canteros, yeseros y talladores de madera enriquecían las superficies. El programa estructural, que requería el pilotaje del suelo y la simple construcción con postes y dinteles, era obra de numerosos trabajadores no calificados, reclutados en su propia comunidad por un sistema similar al cuatequil[3] (Kubler 2012, 196).

Pero la mano de obra tenía características propias, «el ejercicio de todo oficio estaba regido por ritos e invocaciones religiosas» (Kubler 2012, 208):

> Las pinturas de los conventos están quizá más cercanas a los temas iconográficos de la Europa de esa época que los temas devotos, didácticos e históricos de las pinturas para la instrucción de los indígenas . . . Suele limitarse a temas más sencillos y comunes de la doctrina del Nuevo Testamento (Kubler 2012, 466).

Es evidente que no se puede hablar de una arquitectura múdejar puro o un estilo propio indígena en la Arquitectura, lo cierto es que se vuelve una simbiosis de ambas culturas y formas, en las conclusiones de Kubler «considera la arquitectura del siglo XVI como el paradigma de dicho proceso: formas eminentemente europeas sujetas a una organización que no es ni europea ni indígena sino colonial. La transformación de las instituciones y las formas prehispánicas supone la transformación simultanea de las europeas: la configuración de estas últimas se indigeniza y el detallado repertorio de las primeras se europeriza conformando una arquitectura colonial» (Kubler 2012, 527).

Antecedentes del convento franciscano de Santa María Atlihuetzía

Aunque no hay una fecha precisa de su construcción se supone lo siguiente:

> Charles Gibson señala que en octubre de 1554 se destinaron 150 pesos para darlos a los franciscanos, tomándolos de la Real Hacienda con el fin de terminar el trabajo empezado, probablemente la capilla abierta y el templo estaban bastante adelantadas en 1554–1555 cuando se llevó ahí el Santo Sacramento. Por lo tanto, se calcula que la edificación del Convento comenzó en 1550 y probablemente fue terminado en 1560 (Mercado 2012,109).

De acuerdo al diccionario de Porrúa, Historia, Biografía y Geografía de México «Atlihuetzía (Arte Virreinal), conserva la imponente ruina de su gran monasterio, cuya iglesia, una de las más atrevidas que se hicieron en el siglo XVI, es hoy, sin techo un poético cementerio. Tiene al lado aún en pie una interesante capilla abierta» (figura 2).

Santa María Atlihuetzía a pocos minutos al norte de Tizatlán, por la carretera hacia Apizaco, se encuentra la señal hacia el pequeño poblado de Santa María Atlihuetzía, donde se recomienda visitar las ruinas de otro convento franciscano del siglo XVI, localizado en la parte más elevada del pueblo. actualmente está bardeado y su viejo atrio sirve como cementerio. Sólo subsisten el pórtico del convento y la nave de la iglesia, en la que recientemente se ha instalado loseta de ladrillo. El aspecto imponente de los

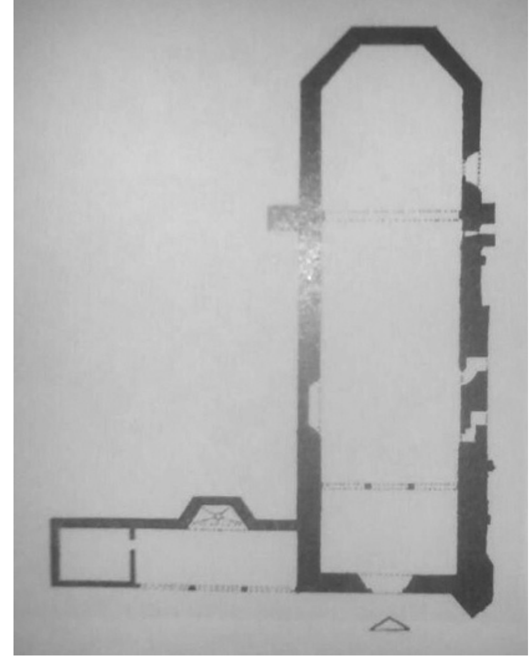


Figura 2
Planta de conjunto del ex-convento de Atlihuetzía (Catálogo INAH Tlaxcala)

muros que aún quedan en pie, y las alas que solo les falta eltecho, así como el conjunto del paisaje y la pátina de los siglos (Promexa 1984,143).

De acuerdo a la ficha Número de clave: 290430060001 nacional del Catálogo de Monumentos Históricos inmuebles del Estado de Tlaxcala el convento y templo se encuentra en Tlaxcala en el municipio de Yauhquemecan en la localidad de Santa María realizado en las siguientes épocas de construcción: XVI, XVII, XVII, XIX, XX, cuyos materiales principales son la piedra, el tepetate y el ladrillo, con un ancho de muros 1,40 m. Cuenta en su programa arquitectónico también con capilla abierta y coro, siendo su régimen de propiedad Federal. Se conocen los siguientes datos históricos: Sólo el Templo y la capilla quedan de éste conjunto conventual franciscano (figura 3). Según versiones, fue trazadopor Hernán Cortés el 1 de enero de 1523. La destrucción de la techumbre fue en 1725. La torre del convento fue derribada por un ciclón en julio de 1882.Sus diferentes materiales en muros nos indican que éste templo fue construido en etapas. Por los restos de mechinales que existen en el sotocoro (figura 4) se nota que el coro se apoyaba en viguería. Conserva aún capilla abierta y arquería, a la izquierda de ésta se localiza el panteón municipal, conjunto delimitado por barda de poca altura. Cuenta como bienes muebles de pintura mural (Catálogo INAH Tlaxcala).

Metodología

Se efectuó un análisis descriptivo de forma cualitativa y analítica obtenido por medio de entrevistas, y trabajo de investigación basado en la observación



Figura 3
Templo y ex-convento de Atlihuetzía (Archivo personal)

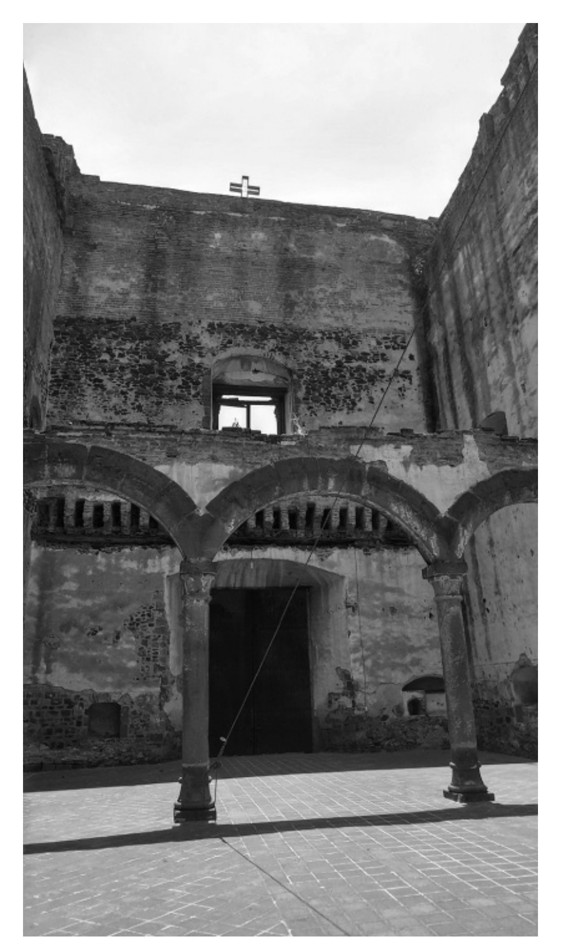


Figura 4
Sotocoro (Archivo personal)

puesto que existe poca información sobre está construcción se irá cruzando la información teórica con los actores clave. De los cuales se puede mencionar lo siguiente: En la entrevista con Guillermo Rivera Raso, seminarista de la Diócesis de Tlaxcala realizada el 22 mayo del 2017menciona lo siguiente:

> El convento fue construido y dedicado en honor de la Purísima Concepción de María con arquitectura de mescolanza tanto española como árabe, con tradición latina para hacer un conjunto no muy conocido en su tiempo, contaba en la mayor parte con arcos en medio punto, siempre tres representando la fe, la esperanza y la caridad y también a la Santísima Trinidad. Todo el conjunto

arquitectónico abarcaba alrededor de tres hectáreas y la plaza está intermedia entre el convento, en la actualidad la plaza la ocupa la comunidad como una plaza cívica, en realidad eran un solo conjunto el convento y la iglesia o templo diocesano del siglo XVII unida por la plaza. En 1721 fue azotada la comunidad por una peste, falleció la mayoría de la población y en 1726 se vino abajo la techumbre, después se vinieron abajo las capillas posas, que eran cuatro, una en cada extremo pero que se han perdido. En el centro se encontraba la cruz atrial y en la entrada también había tres arcos, en lugar de torres contaba con almenas, también las ventanas de la torre eran al estilo árabe. Este convento fue saqueado, lo que hizo que el conjunto conventual fuera disminuyendo, quedando el templo, la posada del peregrino y de la barda solo queda la tercera parte. Es considerado uno de los más altos de América Latina con 21 metros de altura Actualmente fue declarado desde el 2009 como santuario de los niños mártires que murieron por odio a la fe. Ya se colocó de frente, en la puerta principal un portón de acero y del lado izquierdo un portón de ayacahuite. El convento fue construido en tres etapas distintas y se percibe en los materiales que son diferentes, pero se desconoce exactamente la fecha de cada una.

La finalidad de que fueran tan altas este tipo de construcciones era para simbolizar al Señor que ahí habita, para hacerle ver su grandeza y al hombre que su destino no está aquí sino arriba.

Una de los actores más representativos en el lugar es Isaías Ocampo Márquez, cronista del lugar, mismo que relata las siguientes características del exconvento:

Al entrar lo primero que observamos es la capilla abierta, mismas que se empezaron a hacer de esa manera porque las tribus no entendían por qué debían encerrarse en un edificio.

Todo lo que se iba haciendo era producto de un sincretismo[4] religioso, como se puede observar en la pila bautismal que tiene a Tláloc grabado.

En el interior de la capilla abierta se encuentran dos hornacinas con aún partes de las pinturas.En ladel lado derechose ve aun un segmento del rostro del pintor, el indígena que pintaba firmaba de esa manera su obra, plasmando su rostro en ella. En la izquierda se ve el sol y la luna, los franciscanos les decían «pusiste a tus dioses y diosas no hay problema Jesús es Dios de todo» Los colores que predominan en las pinturasson el blanco y el rojo que son los colores de la vestimenta de Camaxtli-dios protector de la tribu tlaxcalteca.

Una de las mentiras de la historia es que las tribus originarias de América no sabían hacer tabique y eso se comprueba en el estado de Tabasco en la Comunidad de Comalcalco,[5] ahí hay una pirámide de Tabique hecho más o menos 500 años antes de la venida de los españoles.



Figura 5
Pila Bautismal rota con la figura del dios Tláloc, dios de la lluvia (Archivo Personal)



Figura 6
Pintura en hornacina lado derecho (Archivo Personal)

En la capilla abierta se observan tres arcos, el central se refiere a Dios padre, el del lado derecho a su hijo Jesucristo y el del lado izquierdo al Espíritu Santo. Tenía el fin pedagógico de enseñar al indígena.

En la capilla abierta se encuentran tres escalones el primero que representa la fe, el segundo la esperanza y el tercero la caridad. Las paredes al fondo del presbiterio



Figura 7
Capilla Abierta, los tres arcos de medio punto (Archivo personal)

también se representan en tres partes que representan las tres virtudes o votos que hace la orden de los franciscanos: obediencia, humildad y castidad.

Este convento es el primero en el continente americano que la Santa Sede autorizó para llevar torre.

Lo que resulta de mezclar arquitectura árabe con arquitectura europea es el arte mudéjar, en ese estilo las piedras y los metales no se pintan ni se recubren, los que pintaban eran los indígenas; hubo una reunión de arquitectos españoles en el siglo XVII en la cual se discutió lo siguiente «nuestra cultura es mudéjar como le llamaremos a la arquitectura donde las tribus ponen cosas de su cultura» se decidió tributario, en náhuatl tequitqui.[6]

En el fondo de la capilla abierta aún queda el techo de forma abovedado con nervaduras residuos arquitectónicos del estilo gótico de fines de la edad media en Europa. El arte tequitqui se ve al centro de la nervadura con una flor de cempasúchil.



Figura 8
Nervadura con una flor de cempasúchil (Archivo personal)

> El estuco se hacía con cal de piedra, baba de nopal, huevo de guajolote, cal y tezontle, su dureza es similar al actual
>
> Cuando en Europa termina la Edad Media surgen el renacimiento, y la Iglesia Católica adopta tres tipos de Arquitectura como triunfo contra lo protestante, el churrigueresco presente en la Iglesia de Ocotlán, el barroco que es más sencillo y el plateresco que es aún más sencillo.
>
> Los franciscanos llevaron a cabo el estilo plateresco. Este edificio es plateresco del siglo XVI. El techo que tenía era el de dos aguas con el nombre técnico de artesonado.[7]

De acuerdo a la observación en el lugar el ex-convento de Atlihuetzía fue construido en varias etapas, mismas que se pueden apreciar en sus muros al descubierto donde la primera parte está sustentada por sillares de la pirámide, por piedra, y posteriormente en algunas partes por tabiques de grandes dimensiones, dichos muros con 1,40 m de grosor.

El templo como se mencionaba con anterioridad carece de techumbre y por el lado sur donde se encontraba la construcción del claustrohoy desaparecida se encuentra cubierto de tumbas, las cuales han sido adornadas con las almenas de la construcción y otras piedras de la misma (figura 9). Se supone una plataforma de origen prehispánico, en lo que es el atrio que podría explicarse de mejor manera con calas arqueológicas sin embargo éstas no han sido realizadas

Cabe mencionar que, en el archivo histórico del INAH, se observa un reporte fotográfico con fecha del 4 de junio de 1990 en donde se pueden observar



Figura 9
Fachada lateral donde se aprecian los materiales de los muros (Archivo Personal)



Figura 10
Tabique utilizado de grandes dimensiones (Archivo Personal)



Figura 11
Fachada lateral y restos de la pirámide en el área verde (Archivo Personal)

elementos que ya no existen, como algunos muros del claustro.

Resultados

Se identifica el lugar como histórico y mágico por los antecedentes, es el sitio donde se recibe a Cortés, donde surge la alianza de los tlaxcaltecas con los españoles y se elaboran los bergantines con los cuales se conquistó Tenochtitlan. En consecuencia, se refleja un lugar lleno de encantoy tradición que define todo un sucesoque transformo la vida de ambos continentes, que marcó a México y a Españacomo naciones hermanas y aunque con distintas cosmovisiones, donde el tributario y el sometido por medio de la evangelización hicieron obras majestuosas en la Nueva España como son los conventos del siglo XVI, su unificación produjo obras arquitectónicas, de arte y escultura majestuosas conjugando ambas visiones, saberes y originando el arte tequitqui que nos explica también la idiosincrasia tlaxcalteca en aquel entonces.

Al cruzar la teoría, el nombre correcto para referirnos al ex-convento escomo “monumento histórico” de acuerdo a la definición de la Carta de Venecia en su artículo 1, aunque es claro que también se trata de patrimonio urbano,mismo que prevalece hasta nuestros días como parte de un conjunto que cumple con las características esenciales de los conventos del siglo XVI como lo observamos en el esquema de Meli con los mismos espacios, aunque algunos ya no se conservan, como es el caso de las capillas posas y el claustro pero si se sabe de su existencia por el archivo del INAH.

Éste estudio aunque representa los avances de una investigación cabe destacar, que se ha encontrado información que se podrá seguir trabajando como el arte tequitqui, donde la arquitectura la producen dos culturas, donde los sometidos reflejan sus creencias plasmándolas en sus obras y se produce ese sincretismo cultural y religioso, en el cual el español permite esa participación del indígena plasmando su cultura en esculturas, pinturas, y en detalles arquitectónicos, por lo tanto es de suponer que el poder quedarse con algo de sus creencias y plasmarlas representaría un alivio en la vida de los indígenas en donde la conquista debió ser traumática para ellos al ver que sus construcciones eran destruidas y sustituidas por otras donde la única manera de rescatar lo suyo era así. En el proceso los indígenas eran la mano de obra fuerte y aprendieron diversos oficios muy rápidamente, y en las pinturas realizadas podemos ver representados costumbres o aspectos culturales propios que se alinearon con la religión católica.

Sin embargo, surgen otros cuestionamientos como el de las ruinas arqueológicas que están abajo, ¿qué es lo que hay realmente?, de igual manera sería conveniente seguir trabajando este tema por parte de los arqueólogos,además se continuaran con estudios al ex-convento, por medio de un dron, para sacar una nube de puntos que pueda marcar con claridad las diversas etapas de los muros e indagar más en la historia del mismo.

Conclusiones

La hipótesis se deriva de asumir que la Arquitectura del siglo XVI, tiene características estéticasespeciales diversas que surgen de la forma de construcción prevaleciente en ese tiempo originadas por un sincretismo cultural y religioso, al ver elementos indígenas tanto en la pila bautismal con el grabado del dios Tláloc, o ver ondas simbolizando el agua en la fachada, o las representaciones de colores a sus dioses en las capillas hornacinas además de imágenes propuestas por el mismo indígena que tenía similitud con la evangelización que se estaba llevando a cabo.

La evaluación de la construcción existente a partir de sus vestigios e historia analizando desde una perspectiva arquitectónica elementos producto de un sincretismo como es el arte tequitqui, puede resultar un trabajo difícil y complicado porque en algunos casos por el vandalismo y el saqueo se ha perdido mucho de este arte. Empero, es interesante la similitud de una mezcla de culturas entre el sometido y el tributario, acción similar tiene el estilo mudéjar que conjuga lo árabe con lo español. En cuanto a los sistemas constructivos utilizados en aquella época no todo prevalece como es el caso de la techumbre que se presume era de madera con un artesonado y que se derrumbó en 1725 por ser un material menos duradero y consecuencia del deterioro por una disminución fuerte de la población por las epidemias. El estuco tenía mucha dureza y es muy similar al de hoy, además del tamaño de los tabiques que casi tienen un metro de largo, dichos muros del templo se conservan aún en pie.

Una de las características más claras es la simpleza del diseño que se repite en la mayoría de los conventos del siglo XVI como un patrón referido, rectangular y con elementos sencillos y simbólicos parte de la evangelización misma como la cruz atrial y las capillas posas, además del templo de una nave y en este caso la torre, puesto que se menciona que este fue el primer convento en que le fuera autorizado dicho elemento por la Santa Sede.

En lugares de este tipo, la piedra escaseaba y reutilizaban las piedras de las pirámides para la construcción del mismo en las bases, la discusión sobre si este tipo de construcciones son actualmente estéticas abre una brecha, pues en su historia y mensaje conllevan por si mismael reflejo de distintas etapas la belleza y armonía de dos culturas que aunque diferentes se unificaron en una sola por medio del evangelio y la Arquitectura originando lo tequitqui con mano de obra indígena, que plasmaba su sentir y el extrañamiento de sus dioses y tradiciones en la pintura y la escultura identificando similitudes y parecidos en ambas culturas que pudieran encajar, como Tonatzin, referida como «nuestra madre» con la virgen María.

Notas

1. Datos obtenidos con Gustavo Mauleón Rodríguez de un trabajo de investigación realizado.
2. Conferencia impartida por el Dr. Francisco Javier López Morales, Dirección Patrimonial del INAH en mayo de 2017.
3. Trabajo forzado que aplicó la Corona Española en la época colonial a los indígenas.

4. Un sincretismo, es un proceso en el que se intenta superar una situación de crisis cultural producida por la colisión de dos o más tradiciones religiosas diferentes. Es un intento por conseguir que dos o más tradiciones culturales diferentes sean capaces de crear un ámbito de cohabitación en armonía. Su característica principal es que se realiza a través de la mezcla de los productos culturales de las tradiciones coincidentes (wikipedia.org/wiki/Sincretismo, última consulta 2 de agosto de 2017).
5. A partir del 850 d.C., los mayas de Comalcalco iniciaron la construcción con ladrillos de barro cocido unidos con argamasa de cal y arena (wikipedia.org/wiki/Comalcalco_(zona_arqueol%C3%B3gica), última consulta 3de agosto de 2017).
6. De acuerdo Romano Rodríguez (1995), es el arte que da cuenta de la fusión de dos cosmovisiones en la que los sometidos plasman aquí y allá su mundo. Moreno Villa en 1842 escribió al respecto: «si repasamos detenidamente las obras arquitectónicas que nacieron en México durante el siglo XVI, al ponerse en contacto el español y el indígena, cada uno con su tradición y su modo de sentir, veremos que aparece el mismo fenómeno que en España, un mudejarismo peculiar [vasallo y tributario] . . . yo propongo [para denominarle] la antigua voz mexica tequitqui, o sea, tributario».
7. De artesón y de artesa. Adornado con artesones, o sea, adornos hundidos que decoran los techos y bóvedas, en su mayoría fabricados de madera de yeso (Cardona 2007,33).

Lista de referencias

Alcalá, Manuel. 2005. *Hernán Cortes. Cartas de Relación. Sepan Cuantos*. México D.F.: Editorial Porrúa.

Álvarez R., Gaspar Vera A., Quiroga M. 2010. *Preservación del Patrimonio Urbano Arquitectónico*. Barcelona: Fundación Universitaria Iberoamericana FUNIBER

Brotherston, Gordon, Ana Gallegos. 1990. El lienzo de Tlaxcala y el manuscrito de Glasgow (Hunter 242). *Estudios de Cultura Náhuatl* 20: 117–140. (www.historicas.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn20/334.pdf , última consulta 11 de junio de 2017).

Camacho, Cardona Mario. 2007. *Diccionario de Arquitectura y Urbanismo*. México: Editorial Trillas

Cedeño Valdiviezo, Alberto. 2015. *La rehabilitación urbana, origen, metodologías y tecnologías*. México: Trillas.

Chanfon Olmos, Carlos (coordinador). 1997. *Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos,* volumen 2, tomo 1, «El encuentro de dos universos culturales175. México: UNAM.

Díaz del Castillo, Bernal. 1998. *Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España*. Barcelona: Plaza& Janes.

Kubler, George. 2012. *Arquitectura mexicana del siglo XVI*

Meli, Roberto. 2011. *Los Conventos mexicanos del siglo XVI*. Ciudad de México: Construcción, Ingeniería Estructural y Conservación.

Mercado Acosta, Myriam. 2012. *Revitalización del exconvento de Santa María Atlihuetzía*. Tesis para obtener título de arquitecto. México: UNAM.

Romano Rodríguez, María del Carmen. 1995. Arte tequitqui en el siglo XVI novohispano. *Saber novohispano* 2: 333–344

VVAA. 1984. *Querétaro , Hidalgo, Tlaxcala y Puebla* , Centro 1. México: Guías Promexa..

VVAA. 1986 *Historia, Biografía y Geografía de México*. México: Porrúa.

VVAA. s.f. *Catálogo de Monumentos Inmuebles del Estado de Tlaxcala*. Ficha Nacional

Creatividad mesopotámica arcaica: uso de fibras vegetales como material de construcción

Hendik Van Nievelt Nicoreanu

La importancia inicial de la caña como material más allá de lo constructivo, queda reflejado en un antiguo proverbio sumerio: ¡el hombre no es más que una caña agitada por el viento! Esto quedo grabado en su mentalidad, al destacar elementos de caña, con la que se busca asemejar al hombre en su verticalidad, además de las cualidades de adaptabilidad y flexibilidad, que resultan útiles para construir y entretejer su vida, que después recoge Pascal:

> El ser humano es como una caña: Ágil, rápido, firme y al mismo tiempo atento. (Azara 2012, 44)

Out of África, ocupaciones y domesticación

El hombre de Neanderthal llegado al Cercano Oriente, buscando áreas cuyo clima permitiera acoger una amplia variedad de fauna y plantas, con el fin de extender sus estancias. Este se instaló en las cuevas de Monte Carmelo (Israel), Beldibi (Anatolia), Hotu y Kaldar (Irán), Shramidar (Irak), donde construyeron refugios protectores temporales para su grupo, en las cavernas o al aire libre, armadas en un cerco circular abierto con elementos vegetales desde antes de 70.000 a 30.000 años. Posteriormente en el 45.000 a.C. llego el Homo Sapiens Sapiens, también cazador nómade tras ocupar esas y otras cuevas… como refugio de su etapa natufiense, levantará campamentos,…. etc. En el 10.000 se produce un cambio climático natural de las especies (Nissan y Heine 2003,7). Como forma de control, transformación y domesticación del espacio, junto con la de los animales y la vegetación.

Primeras manifestaciones constructivas

Ello originará asentamientos rudimentarios aprovechando los materiales del entorno, cuya actividad será la recolección y la caza. Tras la domesticación, devienen en ganaderos y pastores. Producida la sedentarización agrícola, las viviendas neolíticas irán consolidando sus materiales, inicialmente de origen vegetal que le proporcionaban las áreas lacustres circundantes.

El nomadismo itinerante de pastores requirió un tipo de construcción portátil, fácil de armar y transportar, con estacas de cañas estructurales, tejidos hechos en mimbre y totora para armar el esqueleto de distintas formas, cubiertas de pieles como la yurta (figura 1). Esta tarea era asignada a las mujeres. Se aprovechó la flexibilidad de cañas, juncos y mimbres, con que lograron amplios espacios de simple recubrimiento en paredes y techos, consiguiendo el aislamiento que proporcionaban los huecos del material y la fácil evacuación del humo del fuego interior.

En cambio, los sedentarios habiendo partido con los materiales ya descritos, requirieron de construcciones de mayor resistencia estructural. Para solucionar esta situación, las estructuras de caña se engrosaron en haces «para el embardado de paredes y

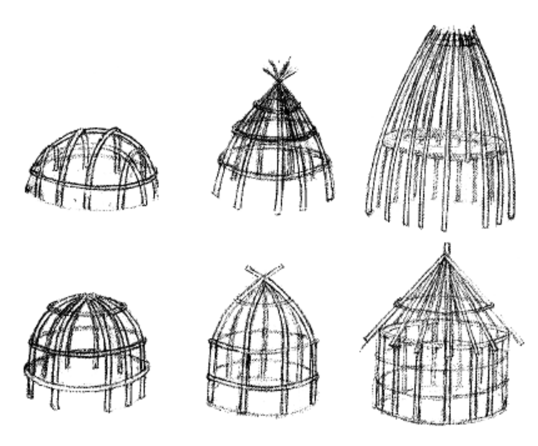


Figura 1
Construcción portátil de estacas y cañas. (Horning 2009, 3)

techumbres» (Devey, 1964, 69), revocando con barro, yeso y cal, mezcla que se adhería e impermeabilizaba con bitumen. Además, profundizaron los cimientos para resistir mejor los vientos. Posteriormente, se usará el adobe en paredes, manteniendo el resto de las estructuras de soporte livianas.

Para las intensas lluvias, las formas de los techos fueron cónicas, a dos aguas (figura 2), como testimonia un trozo de maqueta ubedience del British Museum, por la forma y la pintura decorativa a rayas que enfatiza el uso de la caña. Las sequias hicieron planos los techos, como en los asentamientos de Mallaha, Jericó, etc.



Figura 2
Trozo de maqueta ubedience. (British Museum)

Los asentamientos requirieron dada la gran producción lograda por las intensas lluvias, contar con silos (del griego siros), comunitarios o particulares, para almacenar sus excedentes agrícolas, en especial granos de cebada y trigo, así como también las bebidas alcohólicas en ánforas. En un comienzo, consistían en pozos revestidos con fibras vegetales y selladas con bitumen para protegerlos de la humedad y del aire, evitando su descomposición e ingreso de roedores y otros parásitos.

En los cenégales ámbar, por ser humedales cubiertos de cañaverales y juncales, se dio otra forma aún vigente de viviendas vernaculares vegetales, testimoniadas como «las grandes cabañas arqueadas de caña y junco (en árabe madhoif) que etnográficamente son típicas de las zonas húmedas de la Baja Mesopotamia» (Algaze, 2008,60). La estructura base del mudhif consiste en dos pilares creados de manojos de gavillas amarradas de hasta 120 haces de caña, los que eran curvados y unidos, generando una herradura de hasta 2,5 m de diámetro, dimensión necesaria para poder resistir su propio peso. Conformada esta unidad se proyectan módulos sucesivos, ubicados a 2 m entre sí, logrando construir una bóveda de medio cañón de gruesa consistencia, de altura promedio de 5,5 m. con un ancho de 6 m. y sus extensiones van desde los 18 a 40 m. Sus paredes en tramos estaban reforzadas por paneles modulados como celosías de hermosos diseños geométricos, cuyos tejidos tienen la función de proteger de los insectos, favorecer la ventilación, aislar del calor exterior y controlar la luminosidad interior. Participan en su construcción (figura 3), hombres y mujeres, destinadas al uso de familias, como casa comunitaria y de los líderes.

Origen del material vegetal y su proyección

El cambio climático trajo mayores lluvias, entre el V y IV milenio sobre Sumer, creó grandes reservas de agua, multiplicando cañas para construcción y forraje, cosechas 4 veces y ganado 20 veces, produciendo grandes excedentes, permitiendo aumentar la población y liberar gente del agro, dedicándose a oficios especializados como el tejedor de caña y otros ligados a la construcción, servicios e instituciones, que originaran las primeras urbes, « junto con la creación



Figura 3
Mudhif. (Faiella, 2006, 21)

de un circuito de activismo comercial, para cubrir la necesidad de carencia de materiales… todos accesible en los medios costeros y acuáticos en torno al golfo pérsico» (Algaze 2008, 56), lo que origino flotillas de embarcaciones para su transporte.

Sellos revelan este auspicioso desarrollo de juncos y cañas creciendo en los bordes fluviales, junto a botes accediendo a cortarlas y transportarlas (figura 4). La proporción de cañas en relación al hombre que va de pie, dan referencia de su altura, llegando sobre 4,5 m. Las especies abundantes en Mesopotamia son: Phragmites Australis, de 4 m de altura, y el Arundo Donax, de 3–6 m de altura, con tallo grueso y hueco que, con un instrumento separador sencillo, parte y separa en partes la caña, haciendo fácil el sacar huinchas para entretejer. Existen otras especies cortas como el junco (sirpus lacustris) y la totora (typha latifolia). Se agregó al repertorio otros materiales vegetales, como la fibra de palmera, más fina, para engrosar el tejido y fabricar cuerdas.



Figura 4
Sello. (Hayes 1910, 40)

Otra referencia de obtención de fibra vegetal para construir y elaborar elementos cotidianos, mencionados en los himnos dedicados a Inanna y en la epopeya de Gilgamesh, donde describen al árbol huluppu (Salix, Salix viminalis, Salix fragilis y Salix purpurea), aludiendo al sauce de cuyas ramas flexibles se obtienen el mimbre.

> En ese tiempo, un árbol, un único árbol, un árbol huluppu fue plantado en las riberas del Éufrates. (Wolkstein y Kramer 1983, 7)

Estos materiales vegetales generaron amplios usos y varios oficios; los de función doméstica, como muebles y recipientes, hechos por el cestero y el cañicero o tejedor de juncos. Estos, ayudados por sus herramientas, entretejen cañizos modulares para construir paredes, puertas, cubrir pisos, separaciones y techumbres. Se diferenciaron por el nivel de habilidad en las formas, calidad del diseño y técnicas aprendidas en familia.

Muestra de la importancia de estos materiales, fue el gran volumen embarcado, contabilizado en tablillas del reinado de Amar-sin 2.045 a.C., en 65.930 fardos anuales solo entre Umma y Nippur (Waetzold 1992,128), se calcula pesaban 3 kl. lo que da 66 ton, calificadas de cantidades asombrosas (Algaze 2008, 71). Aunque en los reinos de su padre Shulgi y su abuelo Ur-Nammu, deben haber sido centenares de toneladas, empleadas para erigir el primer zigurat en Ur.

Referencias de uso de la caña en templos y palacios divinos

Los primeros templos de Inanna, a quien responsabilizaron del periodo de bonanza, se diferenciaron de viviendas y otras construcciones de caña, por sus símbolos reconocibles de atados de gavillas, como reflejo de la técnica inicial de utilizar solo este material, que curvadas, como símbolo de un ovario, hacen alusión a sus capacidades generatrices, ejemplificado

en un relieve (figura 5), de vasija ceremonial lítica del período Ubeid, del Museo Británico. Ella por detentar entre los *me* (poderes divinos cuyo signo arcaico era un bastón de mando de caña), el oficio de tejedor de juncos, fue su patrona y de sus construcciones.

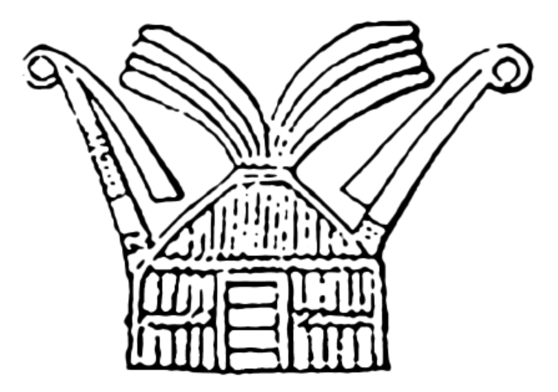


Figura 5
Relieve del autor

La fibra vegetal, integrada después a otros materiales en el desarrollo de actividades edilicias, como parte importante de la argamasa. Destacada en el Himno de Gudea, al fundar el templo Eninnu, dedicado al dios Ningirsu, en los cilindros A y B del Museo del Louvre.

> …el templo estaba en construcción colocado sobre un andamiaje de madera,
> Es como el cañaveral de Nanna, atendido por Enki.
> Se hizo que el templo creciera como una montaña…
> El templo de Eninnu, la obra de ladrillo de Sumer ha sido adornado con toda magnificencia.
> Las cañas cortadas del templo son como las serpientes de montes, que duermen juntas…
> Los atados de cañas delimitaban el templo…
> (Lara Peinado, 1996, 79–80–84)

No solo hay referencias iconicas respecto al uso de la caña destinada a la construcción religiosa, sino también, aparecen en himnos, como el del viaje de Enki a Nippur, donde describen no solo el uso de las cañas en las paredes del transcendente palacio Ekur para los dioses en el Apsu, quien, al asumir como tejedor, dignifica este oficio constructivo: «Palacio de Engur, cuyas sagradas hileras de cañas trenzó Enki en persona» (Bottero y Kramer, 2004, 158), donde se reitera que:

> Él lo edificó, de plata adornado de lazulita
> Y suntuosamente realzado de oro.
> ¡Es en Eridu, en el litoral, donde él erigió este palacio…
> ¡Y donde las paredes de cañas mugían como bueyes!
> (Bottero y Kramer, 2004, 157)

Aun en época babilónica, sigue la caña siendo el material base, resaltando su importancia el poema del dios Marduk, aludiendo a la ausencia de toda construcción, en la etapa previa a la creación de la caña:

> «Ninguna santa morada, ningún templo…
> Había sido construido por el momento:
> no había surgido ninguna caña»
> (Bottero y Kramer, 2004, 510)

Así mismo, Heródoto, describe sobre la construcción de los muros asirios del palacio de Nabucodonosor, la importancia de las cañas como parte del sistema de argamasa ligante: «Luego empleando asfalto caliente como mortero e intercalando lechos de caña cada 30 hileras de ladrillos…» (Heródoto vol. 1, 178)

Otro autor relata la caña formando parte indispensable del techo: «La techumbre sobre las vigas tenía primero una capa de caña…» (Diodoro, Biblioteca Histórica II, 10)

Graciani y Sánchez (Sánchez 2002, 13), confirman el uso generalizado de dicha técnica, «Dadas sus propiedades impermeabilizantes también se hicieron capas aisladoras a base de lechos de juncos o cañas impregnadas en betún».

Ratificando lo que se venía haciendo con elementos vegetales, usados desde los comienzos del adobe, ya sea en la colocación de ladrillos o en los tapiales, al ir poniéndolos por tongadas amortiguantes y ligantes, entre las múltiples capas.

Divinidades vinculadas con el junco y la caña

Entre las divinidades vinculadas con materiales vegetales, destacan las 4 generaciones sucesivas que heredan ser engendradoras y controladoras de los oficios, a partir de Ki, consorte del dios supremo An, que en su atributo de diosa de la tierra, creó toda la flora y fauna. También Ningikuga, consorte de Enki

fue diosa de los juncos, la caña y los pantanos, además de tejedora de la caña:

> Ningikuga miro la extensión de las grandes cañas,
> Contemplo con orgullo su trabajo,
> Y luego se volvió a Enki como artesana. (Lara Peinado, 2013, 115)

Su hija Ningal también recibió el atributo de deidad de las cañas y el oficio de tejedora, que a su vez traspasará a su hija Inanna.

> Ningal…señora de la caña pura
> Diosa de la caña, encarnada en zirru,
> cerco de caña
> (Behrens, Loding y Roth 1989, 542)

Un himno trata de la visita de Inanna al palacio Ekur de la deidad jerárquica Enki, en el Apsu, quien, entre brindis con cerveza, ya alcoholizado, le otorga las cualidades y oficios divinos, los *me*, entre los cuales se describen los constructivos, incorporado el tejedor de juncos.
Ella alborozada exclamará:

> «Me ha dado el oficio del carpintero.
> el oficio del calderero de cobre.
> el oficio del escriba.
> el oficio del herrero.
> el oficio del talabartero.
> el oficio del batanero.
> el oficio del constructor.
> el oficio del tejedor de juncos».
> (Wolkstein y Kramer 1983, 18)

Con ello, se simboliza el traspaso de los nobles oficios, desde la ciudad sagrada de Eridu, de origen ubedience, cuna de conocimientos y técnicas a la nueva Uruk.

En la referida publicación de sellos, Heyes incorpora el dibujo extraído de un sello acadio del III milenio (figura 6), aparece la diosa Inanna con sus símbolos, la estrella y el toro, supervisando la preparación de una construcción realizada por un adjub o tejedor de mimbre quien está preparando una larga caña, quitándole las hojas antes de incorporarla a la estructura que está confeccionando.

Otro sello asirio, cuyo fragmento (figura 7), representa a Inanna supervisando el trabajo colectivo de elaboración de trenzados, con dos registros, superior e inferior derecho, estando en esta última, montada sobre el toro, lo mismo al centro, en una barca con cañas, aludiendo a la recolección de estas en las marismas. Interesa destacar el trabajo comunitario de este material base, con que se fue armando en los inicios de los asentamientos, todo el equipamiento constructivo y utillaje. Situación comprable con lo que tradicionalmente existe en las comunidades indígenas de los indios uros, en el lago Titicaca, donde toda su cultura gira en torno a la totora vegetal que crece en el agua, con la cual elaboran comunitariamente su isla, viviendas, barcas, mobiliario, artesanías y también forma parte de su dieta.



Figura 6
Sello acadio. (Heyes 1910, 123)



Figura 7
Sello acadio. (Hayes, 1910, 126)

La diosa Nisaba (nin=señora, sar=verde) tenía el atributo de la fertilidad, los granos, pastizales y el mimbre, junto a la contabilidad, escritura, delineamiento y construcción. Primera diosa arquitecta que construía en material vegetal.

La suma sacerdotisa y primera poetisa de la historia, Enheduanna, hija del fundador acadio del primer imperio del mundo, Sargón I, le dedico el himno 42, describiendo a Nisaba como:

señora fiel que excedes en sabiduría…
Verdadera mujer…nacida de las cañas afiladas
Que mensura los cielos…
(De Shong 2009, 238)

Los mitos sumerios del diluvio, relatados en la épica de Gilgamesh y en el mito de la creación Atrahasis, describen la caña como material constructivo fundamental en viviendas y embarcaciones. En la primera referencia se habla de la choza de juncos, por las instrucciones pre diluviales de Enki, para salvar a la humanidad, avisando indirectamente sin romper su promesa:

luego le hablo a una choza de juncos;
¡Choza de juncos, choza de juncos!
¡Pared de la choza, pared de la choza!
¡Escucha choza de los juncos! ¡Escucha pared!
(Anónimo 2014, 84)

También en otra parte se describe:

«…los ancianos llevaban cuerda de fibra de palmera…
Y en otro se cuenta que…
...el cestero portaba su piedra para separar las estrías vegetales»
(Anónimo 2014, 84)

La segunda es una variante complementaria acadia donde se detalla su construcción en caña:

¡Pared, escúchame atentamente!
¡Choza de caña, asegúrate Tú, de escuchar a todas mis palabras!
¡Desmonta la casa, y construye un barco...
¡Que la cubierta sea como el Apsu, que ni el sol pueda penetrar dentro!
Haz cubiertas superiores e inferiores,
Las amarras de las cañas deben ser muy fuertes,
que el betún sea grueso… (Dalley 2008, III. 29–30)

Para su construcción se cita que participaron:

…el carpintero trajo su hacha
el trabajador del mimbre su piedra…
un joven trajo el bitumen… (Dalley 2008, III. 30)

Sellos e himnos que aluden a la caña y al junco como medida

Hay referencias de la caña como medida en el himno sobre el noviazgo de Inanna y Dumuzi. Ninshubur brazo derecho de la diosa, pide a los dioses: «que en el cañaveral los juncos jóvenes y los viejos crezcan altos» (Wolkstein y Kramer 1983, 25)

Con lo cual está indicando dos tipos de medidas. La referencia es para que Dumuzi como rey pueda disponer tanto de material, como medidas para construir.

Se refuerza el tema de las medidas, en el himno del descenso de Inanna al inframundo, donde después de morir y resucitar, dentro de las condiciones para salir de allí, debe ir acompañada por los demonios galla que se le apegan, para buscarle un sustituto. El tamaño de los gallas se mide por el tamaño de una vara de junco: «Los demonios se pegan a ella, los pequeños gallas que acompañaban a Inanna eran como juncos del tamaño de bardas bajas. Los grandes galla que acompañaban a Inanna, eran como juncos de tamaño de bardas altas». (Wolkstein y Kramer 1983, 36)

Entre los elementos que definen a una sociedad civilizada, está el contar con un sistema de medidas organizado. Estos eran atesorados y protegidos, considerándolos sagrados y propios de la investidura del que ostentaba el poder.

Shamash (o Utu), hermano de Inanna, aparte de ser divinidad solar y de la justicia, fue el detentor de la vara de caña y cuerda de medida, que sostiene en su mano junto a un cuchillo para cortarlas y abrirse camino. Aparece representado en los sellos vinculados con puertas hechas de caña, sentado o de pie, cuidando el árbol de la vida, que bien puede tratarse de la caña en desarrollo, para ser usada en las construcciones.

Por ello, se tomó como referencia de medidas, al junco y la caña, convirtiéndose este último en cetro real y símbolo de rectitud y fé. Así, las cañas sirvieron para establecer el concepto de metrología y asignar a las varas el símbolo de poder, usado a partir de los reyes neosumerios Gudea y Ur-Nammu (figura 8). De ahí, la expresión ligada a autoridades y jueces, *que toman medidas*.



Figura 8
Estela de Ur Nammu, donde Shamash entrega la vara y la cuerda de medidas al rey fundador de la III din. de Ur. (Penn Museum)

Referencias arqueológicas de fibras vegetales y su uso constructivo

En los asentamientos de Jarmo, Alikosh y otros poblados neolíticos proto históricos, se han hallado diferentes testimonios, siendo Woolley el primero en dar cuenta de huellas en barro cocido o bitumen del trabajo o trenzado de cañas, como referente de partes construidas con caña o mimbre en las tumbas y viviendas de la segunda din. de Ur. «En muchos casos la descomposición de la materia vegetal ha dejado su impronta …como un claro diseño oscuro hallado en una pieza… originado por unos paramentos de caña que fueron cubiertas con bitumen», (Woolley 1934, 381). Así mismo, hace referencia dicho informe a huellas de caña descubiertas en los pisos, a veces entretejidas o dispuestas a lo largo… (Woolley 1934, 16–135). También hace referencia a cubiertas de cañas apoyados en un poste (Woolley 1934, 98), junto con mencionar tabiques de caña (Woolley 1934, 137). Posteriormente son recurrentes los hallazgos de huellas o restos de material vegetal (figura 9) en distintos asentamientos neolíticos, donde destacan su uso en paredes y especialmente, en techumbres para dar frescor, por ser resistentes, elásticas y livianas. Como los cielos de caña y barro de un templo de la cultura de Halaf, V milenio a.C., aunque descompuestas por el tiempo, quedando sus huellas impresas en el bitumen, sobre el techo, usado para unir y proteger de la lluvia. En los suelos de barro, están plasmadas formas de esteras completas o parciales de trenzado vegetal. Al igual, utillaje hecho con mimbre calafateado con bitumen.



Figura 9
Huellas de material vegetal. (Adovasio 1975, 225)

De la embarcación a la cúpula

Los primeros dominios tecnológicos sumerios abarcaron la edificación y barcas., su diseño constructivo optimizó el uso vegetal, integrando tradición e invención.

Las cúpulas aparecen en descripciones y reconstrucciones en los dibujos del zigurat de Woolley (2003, Lamina IX, b). Las bóvedas de medio cañón, en los techos de las tumbas de la II din. de Ur. Estas logradas por aproximación de los ladrillos. La cúpula requirió formas livianas y fáciles de estructurar, por ello también utilizaron material vegetal. Al disponer del dominio técnico para hacer las caracles (figura 10), pequeñas embarcaciones o las kelek de mayor tamaño, circulares, estructuradas en mimbre de sauce



Figura 10
Caracles. (Steele 2007, 39)

más grueso, entretejido y reforzado. Invirtiéndolas se lograba la cúpula, la cual revestían en yeso, que más allá de consideraciones estructurales y estéticas, prestaba la función primordial de extraer el calor de las plantas bajas, refrescándolas, siendo esta una solución pragmática y creativa. De dicha estructura de cúpula en mimbre existe un dibujo del IV milenio en Egipto y en el castillo irlandés Kilkenny, donde se aprecia el entretejido de mimbre con yeso, lo que prueba su efectividad (figura 11).

Los sellos mesopotámicos aportan muchos testimonios de variados usos, a partir del material vegetal empleado tanto en estructuras, como soportes y rellenos, caracterizándose por su imaginativo ritmo geométrico, que otorga identidad a los frontis y sus portales. Su dilatado uso se debió a la abundancia de estos materiales existentes en riberas de ríos, canales y pantanos. De fácil extracción, corte, unión y entretejido, sin requerir complejas herramientas, lo que permitió a los cañiceros y tejedores de juncos, realizar gran cantidad de obras de distintas magnitudes y funciones. Usándose inicialmente para establos, bodegas y viviendas. Existen modelos documentados en sellos y vasijas de piedra jabón del período de Ubeid, continuados en Sumer y que fueron referentes de los primeros templos dedicados a las diosas Inanna y Ninhursag, continuadora de las cualidades engendradoras agropecuarias de la diosa madre.

Con la experiencia adquirida, dichos oficios evolucionaron las construcciones, optimizando sus diseños (figura 12), logrando virtuosas composiciones, algunas simples, otras más elaboradas, destacando los entrecruzamientos de caña tipo *treillage* y sus variantes juegos de ritmos oblicuos y paralelas, dando un sentido de profundidad, donde sobresalen los portones dentro de las texturadas fachadas. La ventaja es que



Figura 11
Cúpula de mimbre. (Fotografía del autor, 2016)

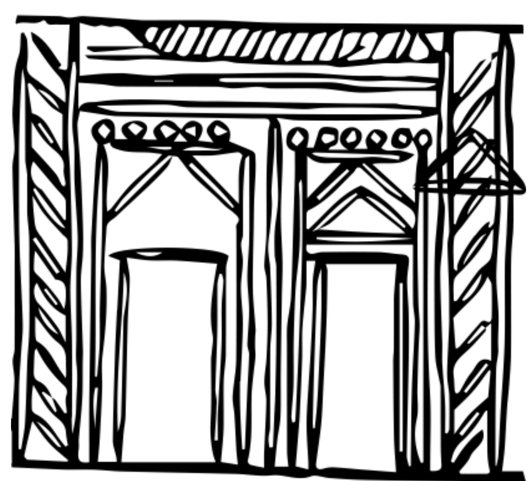


Figura 12
Sello. (Hayes, 180)

requieren escaso personal, porque el secreto del oficio lo dominan pocos artesanos, que tienen la experiencia de cual material escoger y como colocar los refuerzos, clave de la sustentación constructiva.

Otra etapa más avanzada, aparece documentada en esculturas y jarras de piedra clorita de las diosas madres de grandes ojos, provenientes del templo de Tell Brak, cuyas paredes tienen texturados relieves aludiendo a fachadas de templos (figuras 13 y 14) de la deidad asemejando planos de fachadas geométricas. En ellas destacan la curvatura del material vegetal aludido, sobre todo en los dinteles, posible alusión a doseles protectores, además de describir los distintos tipos de entretejido.



Figura 14
Vasija. (Christie's Gallery)



Figura 13
Vasija de principios del IV milenio a.C. (Museo de Ginebra)



Figura 15
Fenix. (Ancient Art Gallery)

Una placa de alabastro de Tell Brak (figura 15), refleja la cosmovisión sumeria, en la construcción de templos, inicialmente en caña, cuya descripción se incluye:

En la parte superior, coronada de agua, están los grandes ojos de la diosa madre o su metamorfosis mesopotámica como Ninhursag/Inanna, que todo lo ve y que simbolizan el cielo, «el arriba», donde habitan los dioses.

La parte central, con edificios escalonados, que anticipan las terrazas-patios de los futuros templos, incluye imágenes de árboles plantados. La propia estructura de fachadas constructivas en las edificaciones rectangulares, simétricas, de tres plantas con puertas y dinteles realizadas en caña por los tejedores de mimbre, serán el prototipo para posteriores sim-

bolizaciones de templos hechos en el mismo material, expresado en diversos sellos. Esta representa el templo de Tell Brak, o refleja las nacientes urbes, aledañas a los ríos, fundamental para el inicio de una vida con mayor complejidad organizacional.

Bajo la ciudad, una fila de diosas adoradoras de grandes ojos, que están sobre el símbolo sexual en forma de V rodeado de ramas, y en su interior, puntos que representan las semillas de la vida.

La lucidez de todos los elementos integrados, resultan muy poderosos al simbolizar la visión ideal cultural de un templo palacio, cuyo referente es el Ekur, creado y modelo para todos, por el dios arquitecto y constructor Enki, como morada de los dioses, donde él guardaba los poderes y conocimientos, entre ellos, los oficios de la construcción, que incluía el del (adjub) tejedor de mimbre, porque las paredes de dicha construcción estaban hechas de cañas, además de otros materiales preciosos como ya se ha citado.

Referencias lingüísticas

Las etimologías asociadas al oficio son explicadas por Azara (2012,38–40), quien rescata los términos sumerios y acadios, resaltando el material gi = caña y el oficio *Basamu* o kanu en acadio representa la acción de crear, que además equivale a *ki-sur*= formar, deslindar o trenzar, asociando al término *sur*= arquitectura, designación clave que destaca los conceptos de caña y construcción, con el acto de trenzar. Valorando este oficio que, al mismo tiempo de trabajar, va materializando los patrones de sus diseños con un variado repertorio, lo que permite individualizar cada construcción. Su raíz *vara* implicaba separar, lo que refuerza el oficio del tejedor, en la habilidad de dividir en tiras, tras cortar la caña y limpiar las hojas para proceder a trenzar o *sakhak* que también equivale a *qanah*, asociado a crear obteniendo un bien, que en este caso es la construcción. Su visión estética utilizó la expresión *galam-kad* = obra edilicia bien hecha y bella, articulando planta y fachada con motivos coordinados, significando *kad*= atar, ligar, trenzar (Azara 2012, 92).

Síntesis

Tras las ocupaciones iniciales en el Cercano Oriente, atraídos por climas favorables para la fauna y el desarrollo posterior del neolítico, gracias a 2 cambios climáticos ocurridos entre en XIV y XI milenio a.C., al aumentar el calor genero la aparición de la flora y fauna silvestre. El 2° cambio, ocasionó en Sumeria un gran un aumento de la pluviosidad entre el V y IV milenio a.C., los ríos aumentaron sus cauces, dejando lagunas y grandes zonas lacustres donde crecieron cañas, juncos, provocando una gran bonanza que llevará a la creación de urbes.

Mesopotamia y las áreas aledañas, dispusieron en primera instancia de estos materiales vegetales, incorporándolos a su cultura, en su utillaje, sus viviendas y construcciones anexas, así mismo en la referencia mitológica que influirá en sus construcciones religiosas. Su dialogo del quehacer cotidiano labrando estos materiales, generó oficios de diferenciado carácter práctico y habilidad requerida, destacando los trabajos ligados a las construcciones, donde sobresalen el exquisito trabajo de entretejido composicional de sus fachadas.

Testimonios de los himnos, denotan la importancia concedida a dichos materiales nobles de origen orgánico, protegidos e incluso laborados personalmente por deidades o supervisando los oficios involucrados, velando por su calidad. Su extendido uso a través del tiempo, ha sido objeto de historiadores del pasado, ratificado ampliamente por los hallazgos de los arqueólogos.

Resulta interesante, a pesar de la introducción del adobe y ladrillos, la caña perduró participando como material ligante dentro de la argamasa. Además, siempre se le continuó utilizando como material base de las viviendas populares.

Lista de Referencias

Adovasio, James M.: The Textil and Basketry impressions from Jarmo, vol.3 In: *Paléorient* 1975

Algaze, Guillermo: *La antigua Mesopotamia en los albores de la civilización: la evolución de un paisaje urbano,* Ed. Bellaterra, España 2008

Anónimo: La Epopeya de Gilgamesh, Lom Ediciones, Santiago Chile 2014

Azara, Pedro *Piedra Angular.* Editorial Tenov, Barcelona, España 2014

Bottero, Jean y Samuel Noah Kramer. *Cuando los dioses hacían de hombres: Mitología Mesopotámica,* Akal, Madrid, 2004

De Shong Meador, Betty: *Princess, Priestess,* Poet, University of Texas Press, Austin 2009

Devey, Norman. *Historia de la Construcción*, Editorial Jano, Barcelona 1964

Dalley, Stephanie: *Myths from Mesopotamia: Creation, The flood, Gilgamesh, and Others*. Oxford University Press, Oxford 2008

Faiella, Graham: *The Technology of Mesopotamia*, The Rosen Publishing Group, Inc, New York 2006

Hayes Ward, William: *The Seal Cylinders of Western Asia*, Carnegie Institution of Washington, 1910

Horning, Jonathan: *Simple Shelters*, Editorial Wooden Books Ltda. Somerset 2009

Lara Peinado, Federico: *Himno al Templo de Eninnu, cilindro A y B de Gudea*. Editorial Trotta, Madrid 1996

Lara Peinado, Federico: *Himnos Sumerios*, Ed. Tecnos, Madrid 2013

Sánchez, Francisco Javier Alejandro: *Historia, Caracterización y Restauración de Morteros*, Universidad de Sevilla, Sevilla 2002

Steele, Philip: *Mesopotamia*, DK Publishing, Inc. New York 2007

Wolkstein, Diane y Kramer, Samuel Noah: Inanna: *Queen of Heaven and Earth: Her Stories and Hymns from Sumer*. Harper& Row Publishers, New York 1983

Woolley, Leonard: *Ur Excavations the Royal cementery*, Vol II. The Carnegie Corporation of New York 1934

Woolley, Leonard. *Ur Ciudad de los Caldeos*. Fondo de Cultura Económica, España 2003

La curia de Torreparedones: un nuevo modelo de restitución a partir del estudio de otros materiales

Almudena Velo Gala
Antonia Merino Aranda

Ubicado entre los términos municipales de Baena y Castro del Río, en la provincia de Córdoba, se encuentra el yacimiento de Torreparedones, el cual ha sido identificado con la colonia romana *Virtvs Ivlia Itvci* mencionada por Plinio (Ventura 2014, 74).

Las intervenciones arqueológicas desarrolladas en los últimos años han demostrado la importancia de dicho asentamiento, no sólo por la abundancia de restos y estructuras documentados sino, además, por el excelente estado de conservación de los mismos. Entre los materiales recuperados en los contextos asociados a uno de los edificios más relevantes de su foro, la curia, se halló un importante conjunto de fragmentos de vidrio de ventana y una serie de cilindros cerámicos que seleccionamos para su estudio y cuyos resultados se muestran en el presente trabajo.

El vidrio de ventana surgió en torno al cambio de era (Grose 1989) y ha sido considerado como una de las grandes aplicaciones de este material. A excepción de los descubrimientos efectuados en el área vesubiana, donde los paneles fueron documentados *in situ* en los vanos de varias construcciones (Fontaine y Foy 2005, figura 22), la mayoría de las estructuras conservadas en otras zonas del Imperio no alcanzan cotas suficientemente elevadas para que se produzcan hallazgos que indiquen la ubicación exacta de este tipo de cerramientos. Hay que añadir que la importancia del reciclaje en el desarrollo de la industria del vidrio de este periodo, sobre todo en las provincias occidentales (Foster y Jackson 2010), ha mermado la presencia de estos objetos en el registro arqueológico y sólo en casos excepcionales aparecen restos en un volumen destacado como para proceder al estudio y restitución de los paneles.

El vidrio de esta tipología documentado en el yacimiento de Torreparedones, concretamente en los contextos asociados a la curia, no sólo constituye una excepción por el número de fragmentos hallados, además su ubicación nos permite asociarlos a los vanos de este edificio, siendo el único de estas características que presenta esta clase de materiales en la península ibérica.

Respecto a los cilindros cerámicos, frecuentemente aparecen vinculados con conducciones de agua o paramentos de estancias termales (*tubuli latericii*). En nuestro caso, su asociación con otros elementos, el análisis de la orografía del terreno y de los paramentos conservados han sido imprescindibles para determinar su funcionalidad.

Aunque vestigios como los que centran nuestra investigación pasan a menudo desapercibidos a la hora de abordar una interpretación de los restos arquitectónicos documentados en el transcurso de las excavaciones, lo cierto es que nos permiten configurar una imagen más completa sobre los edificios a los que se encuentran asociados y la funcionalidad de algunos espacios. Éstos son los objetivos principales de este trabajo, comprender cómo la iluminación natural actuaba a través del vidrio de las ventanas en el interior del aula, cuál era el rol ejercido por este material, a

qué contextos se asociaban los tubos cerámicos y cuál era la funcionalidad de los mismos. Para abordar todas estas cuestiones se procedió a un exhaustivo estudio de cada uno de los fragmentos de vidrio y cerámica recuperados y la creación de un modelo 3D del edificio. En el caso de Torreparedones, una detallada recuperación de los materiales y su perfecta contextualización ha facilitado elaborar las hipótesis presentadas en este artículo.

Los vidrios de ventana de la curia de Torreparedones

En los contextos asociados al edificio identificado como la curia del foro de Torreparedones, se recuperó un importante conjunto de vidrios, cuyas características morfológicas permitieron identificarlos como vidrio de ventana. La abundancia de fragmentos hallados facilitó la restitución de algunos de los perfiles de los paneles que, conjuntamente con la realización de análisis químicos (Velo Gala, próximamente), nos ayudó a establecer que estos vidrios pertenecieron a un número mínimo de cuatro unidades, tres de tipología plana cuadrangular y uno circular hemisférico.

Características de los vidrios

Todos los fragmentos de vidrio presentan dos superficies bien diferenciadas, una mate regular y otra brillante e irregular. Ésta es una de las particularidades que determina que los paneles fueron elaborados según la metodología de fabricación empleada para los primeros vidrios de ventana: el vertido de la masa fundida y su posterior estirado (Allen 2002, 103–105; Foy y Fontaine 2008, 409). El lado regular mate es el resultado del contacto del vidrio con el plano de trabajo, en el cual se extendían algunas partículas de arena que evitaban la adhesión entre ambos materiales y cuya impronta es perceptible en algunos de los fragmentos. Además, en la mayoría de los ejemplos de los paneles cuadrangulares, se observan una serie de líneas cortas paralelas que pueden asociarse a las marcas provocadas por el estirado sobre una superficie de piedra o cerámica (figura 1a). Este tipo de huella ha sido, ocasionalmente, asociada al trabajo sobre placas de madera pero las temperaturas alcanzadas por el vidrio fundido provocarían la carbonización del soporte e imposibilitarían el proceso de estirado (Allen 2002, 105). En el caso de la fabricación del panel hemisférico, la técnica sería similar a la descrita para los vidrios planos, a partir de una torta de vidrio realizada mediante el vertido en una superficie y la adaptación de la misma a un molde hemisférico (Allen 2002, 108; Foy y Fontaine 2008, 419).

Estas dos tipologías de vidrio de ventana presentan bordes de aspecto redondeado y una serie de huellas en zonas próximas al exterior, producidas por las herramientas empleadas para el estirado del vidrio (figura 1b). Los paneles obtenidos son de un grosor variable en una misma pieza, oscilando, en nuestro caso de estudio, entre los 7,5 y 1 mm, siendo las zonas más gruesas las cercanas al borde.

Son vidrios translúcidos, de color verde-azulado debido a la existencia de óxidos de hierro en la composición de algunos de los constituyentes necesarios para su elaboración, así como de las variaciones de temperatura en el horno durante la fase de fusión del vidrio (Price y Cottam 1998,15).

A causa de un proceso de fabricación carente de la técnica y precisión necesaria para la eliminación completa del aire en el interior de la masa, es frecuente observar pequeñas burbujas esféricas dentro

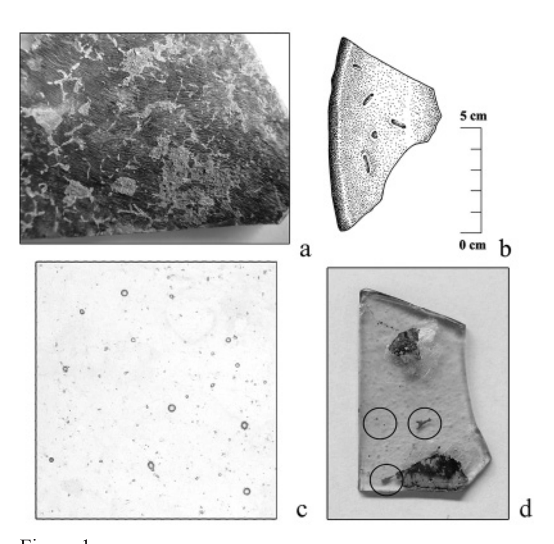


Figura 1
Particularidades observadas en algunos fragmentos de vidrio de la curia de Torreparedones: a. Impronta en la superficie mate del vidrio; b. Huellas de herramientas (dibujo); c. Burbujas de aire; d. Impurezas.

de los fragmentos, aunque a veces pueden ser ligeramente alargadas debido al estirado (figura 1c). Ésta es otra de las características que va a diferenciar la técnica de elaboración de estos paneles respecto a otras técnicas posteriores, como el soplado en cilindro, donde las burbujas son más alargadas a causa del proceso de insuflado (Dell´Acqua 2004, 111; Foy y Fontaine 2008, 430, 433). Otro defecto es la penetración en la masa de partículas ajenas (figura 1d), cuya procedencia puede atribuirse a las herramientas o útiles que entran en contacto con el vidrio durante su fusión, vertido y manipulación posterior.

Respecto a los materiales depositados en la superficie de los fragmentos, entre los restos de tierra y carbonatos procedentes del contexto de enterramiento se distinguen una serie de depósitos puntuales de color blanquecino en las proximidades de los bordes de los paneles cuadrangulares. Se trata del mortero empleado para el sellado o instalación de los paneles en el muro o bastidor (figura 2).

Estas trazas permiten establecer que las placas de vidrio se sustentaban en el paramento o en un marco-bastidor insertando los mismos a una distancia aproximada de un centímetro desde el borde exterior. Por la regularidad de la línea que marcan los restos de mortero, la distancia de la misma al borde, la ausencia de productos de corrosión metálicos y molduras pétreas, planteamos que los paneles debían estar instalados en marcos o bastidores de madera, puesto que para su inserción en el muro sería preciso introducir el panel a una mayor profundidad y la huella o línea impresa por el mortero de sellado no sería tan regular.

Respecto al panel hemisférico, aunque no se han encontrado marcas de mortero en ninguno de los bordes recuperados, podemos suponer que seguiría un sistema de instalación similar al de los paneles cuadrangulares. Otra hipótesis es que se hallase inserto entre el muro de fábrica y las capas de revestimiento, de forma similar a los fragmentos conservados *in situ* en algunos de los vanos de las termas femeninas de Herculano (Fontaine y Foy 2005, figura 22).

Los paneles planos son de dimensiones cuadradas, aproximadamente 48 x 48 cm (figura 3) y en el panel circular hemisférico su diámetro alcanzaría los 40 cm (figura 4), medidas que se encuentran entre la media establecida para los hallazgos de esta tipología de vidrio (Foy y Fontaine 2008, 410, 421).



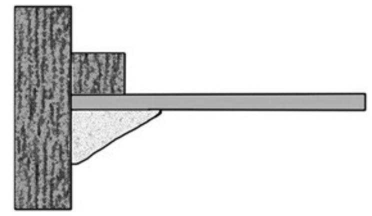


Figura 2
Restos de mortero e hipótesis de restitución de los vidrios en los bastidores de madera.

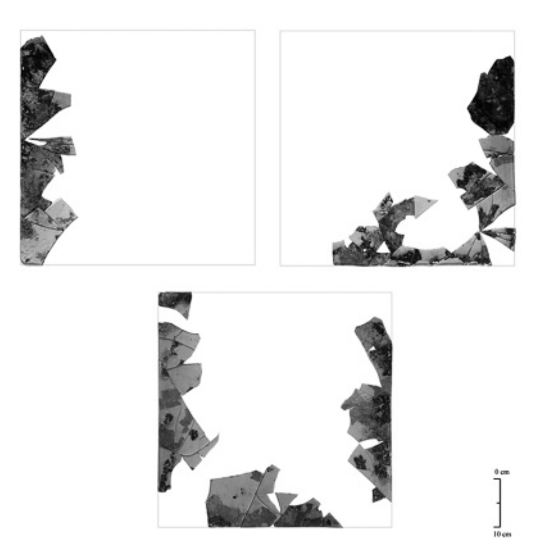


Figura 3
Reconstrucción de los paneles de vidrio planos cuadrangulares 1, 2 y 3.

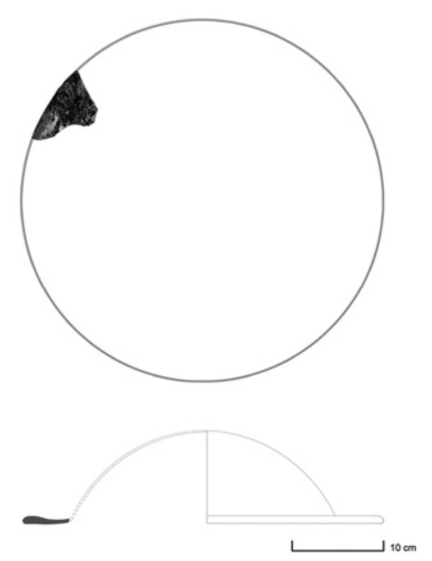


Figura 4
Panel circular hemisférico borde y sección.

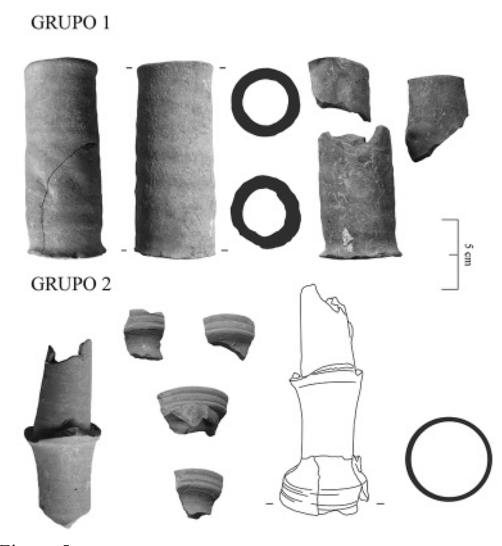


Figura 5
Tubos cerámicos.

Tubos cerámicos

En los mismos estratos en los que se documentaron los vidrios de ventana aparecieron un conjunto de seis cilindros de cerámica que, por sus características y su presencia junto a otros materiales constructivos, permiten asociarlos a los sistemas de desagüe del agua de lluvia instalados en las cubiertas de algunas de las estancias pertenecientes a la curia. De estos seis tubos, sólo dos están completos y, conjuntamente con otros tres fragmentados, forman un grupo que se diferencia del ejemplar restante en su morfología (figura 5).

De los cinco que forman la primera tipología, los dos ejemplares completos alcanzan unas medidas de 12,3 y 12,7 cm de largo y una anchura entre 4,5 y 5,2 cm. La superficie exterior irregular y el acanalado interior indicarían que son piezas elaboradas a torno, con un borde plano tosco y otro redondeado más acabado. El otro grupo, formado por un único ejemplo, consta de dos piezas o tubos, también fabricados a torno, que fueron unidos en un proceso previo a la cocción con la finalidad de obtener una variación en el ángulo de unión. Su grosor es menor, siendo decreciente en dirección a la boca del tubo donde se abre para obtener un borde o acabado más ornamentado que en los ejemplos anteriores.

Piezas de similares características han sido halladas en contextos de salas termales y asociados a los sistemas de calefacción de los paramentos, así como a las tuberías de conducción de agua. No obstante, a diferencia de nuestros ejemplos, estos tubos cerámicos permiten la conexión entre distintos cilindros a través de rebajes en uno de sus lados o por cambios en las dimensiones (Madariaga et al. 2000, 394). Los tubos cerámicos del grupo 1 hallados en los contextos de la curia muestran un grosor más o menos regular a lo largo de su extensión, por lo que no permitirían la conexión con otros.

Si observamos las patologías detectadas en la superficie de los materiales, una mayor presencia de costras carbonatadas en el interior de la mayoría de los ejemplares y la erosión superficial de la cara interna de uno de los fragmentos serían indicativas del paso de una corriente de agua. Además, observando diferencias entre las caras externas podemos detectar la presencia de un picado superficial en uno de los lados; este deterioro puede asociarse a la presencia de microorganismos durante su vida útil que proliferaron en aquellas zonas de los tubos no expuestas a la insolación.

Contextualización y cronología de los materiales

Los vidrios de ventana del foro de Torreparedones fueron hallados en unidades estratigráficas asociadas a la curia, concretamente a las zonas identificadas como antiguo *aerarium*, pasillo distribuidor, zona del atrio y control de acceso. Ocho fragmentos, pertenecientes al panel hemisférico, aparecieron en contextos de época medieval al norte de la basílica, sin embargo, por sus características físicas, podemos vincularlos con los de época romana. La concentración de la mayoría de fragmentos en dos áreas (*aerarium* y pasillo distribuidor), coincidiendo con materiales constructivos procedentes del derrumbe de los muros en su fase de abandono y saqueo[1], nos permite establecer que los paneles de ventana se encontraban instalados en los vanos de paramentos cercanos, los cuales terminaron por desprenderse y depositarse en estas zonas. A partir de las investigaciones y reconstrucciones planteadas para el edificio de la curia, podemos establecer la hipótesis de que los paneles de vidrio pudieron pertenecer a los vanos de ventana que iluminaban el aula de la misma, aunque esta discusión se abordará con mayor detalle en el siguiente apartado.

Puesto que el grosor del vidrio de ventana de este periodo hacía que esta clase de materiales fuese muy apreciada para su posterior reciclaje una vez perdida la funcionalidad de los objetos (Freestone 2015, 34–36), es inusual encontrar un volumen destacado de fragmentos como el hallado en la curia de Torreparedones. Esto puede deberse a que los paneles completos fueron sustraídos para su reutilización en otras arquitecturas durante las fases de abandono y saqueo del edificio; en cambio, se conservaron en el lugar aquellos que estaban fragmentados, no siendo recuperados para su posterior reciclaje al no existir instalaciones productivas de vidrio activas en las inmediaciones.

Sobre la cronología de estos paneles, es posible que fuesen instalados en el transcurso del proceso de marmorización del foro durante época tiberiana, momento en el cual se produce, además, una reforma importante en el edificio con la amortización de dos estancias ubicadas en el área norte de la misma (Ventura et al. 2013, 240). Podemos considerar la instalación de paneles de vidrio en los vanos de las ventanas de la curia como parte de las mejoras efectuadas en este momento. No obstante, no sabemos con exactitud si estos vidrios fueron los originales o se trata de paneles que en algún momento sustituyeron a los primeros puesto que, a pesar de la estabilidad y durabilidad del vidrio, eran materiales frágiles ante los impactos. Es por ello que establecemos una cronología para los vidrios entre los siglos II y III d. C. A lo largo de esta última centuria, el edificio fue utilizado como almacén de los conjuntos estatuarios que decoraban el foro y a mediados de la misma se produce su saqueo, coincidiendo con el efectuado en otras construcciones de la colonia (Ventura et al. 2013, 245).

Respecto a los materiales cerámicos fueron recuperados en algunas de las unidades estratigráficas coincidentes con los fragmentos de vidrio. La presencia de restos de un pavimento hidráulico (*opus signinum*) en los mismos contextos refuerza la hipótesis de que estos tubos fueron dispuestos para la evacuación del agua de lluvia de una cubierta plana que techaba las estancias identificadas como pasillo distribuidor y antiguo *aerarium*, salas que fueron clausuradas en el momento de la monumentalización de la curia. Ejemplos de este tipo de cubiertas han sido propuestos para la restitución de algunos edificios de Hispania, como por ejemplo en el caso de las naves laterales de la basílica de Tarraco (Mar et al. 2015, 266). No obstante, a diferencia de este ejemplo, las cubiertas planas de la curia no serían transitables y dispondrían de estos tubos como medio de evacuación del agua de lluvia que, una vez vertida hacia el exterior, sería recogida por los distintos sistemas de desagüe instalados en la calle que discurre junto al edificio en su lado oriental o en sus proximidades. Aunque no podemos determinar si su instalación estuvo proyectada desde el momento inicial de la configuración del edificio, suponemos que, al igual que el caso de los paneles de ventana, formaron parte de la remodelación del mismo, en un intento de adecuar los sistemas de impermeabilización de las techumbres de las estancias para solventar o evitar el incremento de algunos problemas estructurales causados por la humedad.

Nueva propuesta de restitución de la curia de Torreparedones

Este estudio ha permitido establecer una nueva hipótesis para la restitución de los sistemas de iluminación y de cubrición de algunos de los espacios de la

curia del foro de Torreparedones a partir del trabajo realizado por A. Merino (2014) y en el cual se empleó como referente principal la *Curia Iulia* (Merino 2014, 188).

Considerando la orientación del foro y los estudios arqueoastronómicos realizados en el yacimiento, que han determinado la importancia de la iluminación solar como elemento potenciador del simbolismo en el santuario íbero-romano dedicado a *Dea Caelestis Iuno Lucina* (Morena y Sánchez 2016, 101, 103), hemos procedido a realizar una serie de gráficos (figura 6) que nos permiten observar el asoleamiento del edificio durante horas específicas del día y del año para establecer las hipótesis expuestas a continuación.

Teniendo en cuenta, como anteriormente mencionamos, el modelo de la *Curia Iulia*, así como la disposición del edificio en el terreno y su orientación solar, hemos planteado que debieron existir vanos de ventana en la parte más elevada de los muros del aula. Esta hipótesis ya fue establecida en las dos restituciones del edificio publicadas, en las cuales el único paramento que quedaría ciego sería el orientado hacia el oeste (Muñoz 2013, 48; Merino 2014, 188).

Puesto que, según las recomendaciones de Vitrubio, en el interior del aula de la curia debían instalarse cornisas de madera o estuco a una altura intermedia de los paramentos para permitir mantener la voz entre el suelo y estos elementos (*Vitruvio, V, 2*), la instalación de los vanos por encima de estas cornisas respetaría este principio relacionado con la audición.

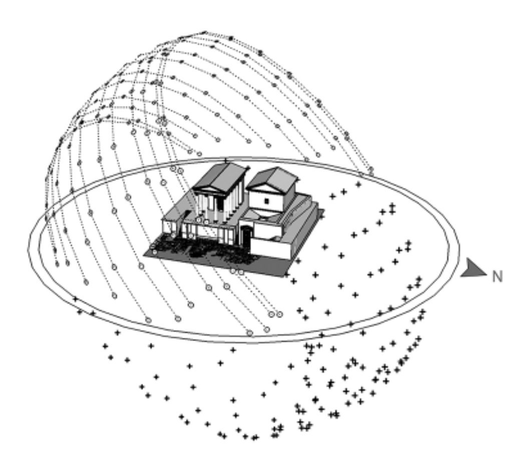


Figura 6
Vista de la posición solar en el mes de Marzo, día 30, en los edificios –templo y curia– del foro de Torreparedones.

Por su orientación, la proximidad en el lado sur con el templo, edificado sobre una plataforma alcanzando una altura similar a la de la curia, y en su cara norte por el nivel superior de cota y la cercanía de otros edificios, la entrada de luz solar a través de las ventanas ubicadas en estos lados sería escasa. Es por ello que posiblemente en estos paramentos no existiesen vanos, siendo los muros este y oeste los más óptimos para este tipo de aperturas y para una correcta iluminación.

Gracias al estudio de los fragmentos de vidrio de ventana, podemos proyectar que el paramento del aula, el cual se encontraba ciego en las hipótesis iniciales, también estaba provisto de ventanas. En el interior, el aula estaba presidida por un espacio que se presenta como un nicho de forma absidada, con una cubierta en forma cónica y que arranca desde el suelo a una cota de 1m alcanzando una altura cercana al lugar donde se ubicarían las cornisas intermedias del resto de paramentos (Merino 2014, 193). La presencia de este ábside y la morfología de uno de los paneles de vidrio documentados –hemisférico– nos permite establecer con cierta seguridad que existía un vano circular u *oculus* en la parte superior de este espacio.

Aunque en la actualidad aún no se han documentado vidrios de ventana de similares características asociados a edificios romanos identificados como curias, esta tipología es bien conocida y presenta paralelos similares al estudiado en contextos termales de este periodo. Vidrios de ventana hemisféricos se han hallado *in situ* en los *oculi* de las estancias calientes (*tepidarium* y *caldarium*) de las termas de Pompeya y Herculano (Fontaine y Foy 2005, 34, 35, figuras 21 y 22; Foy y Fontaine 2008, 424, figura 17), frecuentemente acompañados en la parte superior por ventanas ortogonales cubiertas con paneles de vidrio plano. Este esquema nos pareció la propuesta de restitución más apropiada para el caso de estudio: un *oculus* cerrado por un panel hemisférico en la parte superior del ábside sobre el cual se disponen paneles cuadrangulares que cierran un vano situado en el paramento vertical (figura 7).

En relación con las dimensiones alcanzadas por los vanos, la restitución que hemos planteado contempla la instalación de 4 placas de vidrio por cada uno de ellos. El cálculo de estas unidades por cada apertura se ha realizado apreciando la superficie del paramento disponible, el número de ventanas pro-



Figura 7
Termas del foro de Pompeya y propuesta de restitución de los vanos del paramento oeste del aula de la curia.

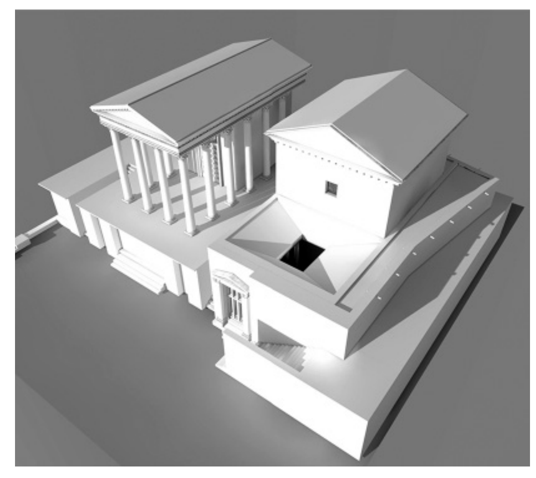


Figura 8
Hipótesis de reconstrucción de los vanos de ventana de la curia de Torreparedones, vista exterior paramento este.

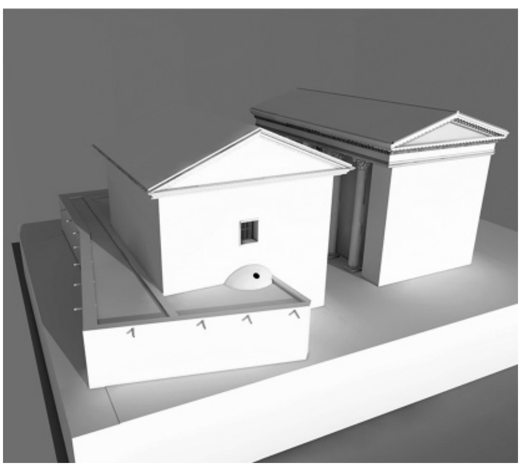


Figura 9
Hipótesis de reconstrucción de los vanos de ventana de la curia de Torreparedones, vista exterior paramento oeste.

puesto en las restituciones existentes, la cantidad de luz que penetraría a través de los vanos, así como el peso que aportaría sobre el bastidor de madera un número demasiado elevado de paneles de vidrio.

Finalmente, para la restitución de los sistemas de iluminación de la curia de Torreparedones (figuras 8 y 9), proyectamos la existencia de paneles de vidrio en los vanos de los paramentos este y oeste, teniendo en cuenta las posibles excepciones o variaciones enumeradas a lo largo de este trabajo. Esta nueva propuesta mantiene la cubierta a dos aguas para el espacio del aula y la cubierta a cuatro aguas que enmarca el espacio perimetral del *tabularium*, el frente de entrada del aula, pasillo, *aerarium* y, de forma parcial, el control de acceso, de modo que el agua vierte directamente al atrio. Respecto al modelo inicial, se ha modificado la cubierta inclinada propuesta para parte de la zona del control de acceso, el pasillo distribuidor y el antiguo *aerarium* por una cubierta plana, una hipótesis que ha sido elaborada a partir del estudio de los tubos cerámicos, el nivel de la cota de la calle anexa a la curia, tanto por el lado norte como por el oeste, y su pendiente, los cuales permitirían la evacuación de aguas pluviales.

Validada la hipótesis de diseño del conjunto de edificios del lado oeste del foro de Torreparedones (véase A. Merino Aranda 2014 para un análisis más detallado de los procesos efectuados así como de las herramientas utilizadas), hemos realizado el estudio solar de la curia empleando programas, plugins y simuladores web específicos para la recreación del recorrido solar. Estas herramientas nos han permitido visualizar el impacto de la luz natural y de las sombras en las partes exteriores e interiores del modelo 3D.

Las vistas representan, únicamente, los espacios y volúmenes, recurriendo para ello a colores de carácter neutro (Merino 2014, 192). En relación con este último aspecto, hemos optado por dotar de texturas los paneles de vidrio de ventana y soportes de los mismos, tomando como ejemplo uno de los fragmentos de vidrio estudiados. Hemos dejado al margen aspectos como la textura de los paramentos o de la decoración que, aunque son importantes en la visión del conjunto, forman parte de otro estudio independiente al nuestro.

Para la propuesta de restitución del ábside, en el cual se presenta la existencia de una estatua pedestre del Genio de la colonia o del *Princeps* (Ventura et al. 2013, 243–244; Ventura 2014, 79), al no saber con precisión ni existir ningún testimonio material que nos confirme el tipo de estatuaria, optamos por insertar una imagen tomada de la galería «Forum of Trajan» de este mismo programa, y que fue utilizada para el levantamiento en 3D del foro de este emperador en Roma.

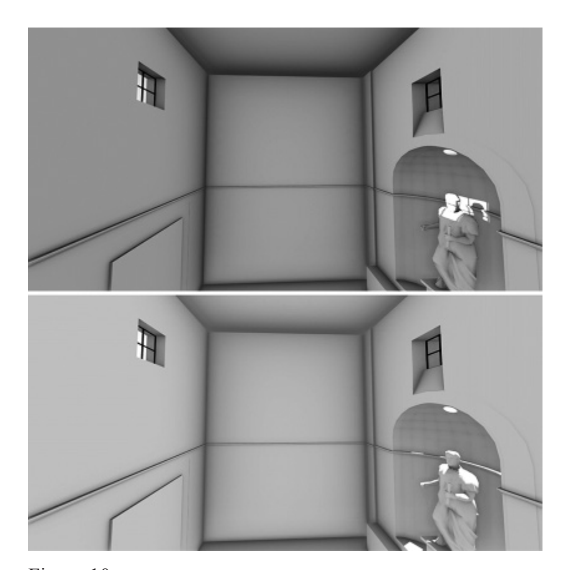


Figura 10
Secuencia de la iluminación del interior del aula a las 09:58 y 16:00 horas.

El vidrio de ventana de la curia de Torreparedones: ¿elemento funcional o estético?

Dentro de la arquitectura romana es difícil distinguir cuál fue el verdadero rol que desempeñó el uso de paneles de vidrio para el cerramiento de ventanas. Es evidente que su carácter funcional sobresale por encima de otros valores, sobre todo cuando se encuentra asociado a determinados espacios, como las estancias calientes de las termas.

La hipótesis de restitución de la iluminación en la curia de Torreparedones, en el transcurso de una jornada, nos han permitido comprender cómo influía la disposición de los vanos en los paramentos del edificio, especialmente en el muro orientado hacia el oeste, y cómo el vidrio constituía un importante modificador de esa luz (figura 10). En el transcurso de la franja horaria diurna, la iluminación solar del edificio en lado oeste alcanza su máximo esplendor en el momento en el cual incide de forma directa sobre los paneles. El vidrio del vano circular adquiere un papel importante en la puesta en escena puesto que, cuando el haz de luz incide sobre el mismo, la iluminación se proyecta sobre el sector superior y posterior de la estatua pedestre que ocupaba el espacio central del ábside, acentuando el perfil de la misma y el ambiente sacralizante de la estancia.

Por otro lado, en relación con el aspecto funcional, la forma hemisférica del panel permitiría una mayor captación de luz y de temperatura, al actuar de forma similar a un prisma (Foy y Fontaine 2008, 424), sobre todo en un momento en el que estos dos factores son de menor intensidad respecto a otras franjas horarias como son las matinales.

Las particularidades que presenta esta tipología de materiales han permitido coligar el uso del vidrio con otros aspectos de la vida cotidiana romana, como el gusto por la ostentación y la estética de los ambientes tanto públicos como privados. Podemos suponer, al igual que sucede en los entornos privados donde su presencia se restringe a los vanos de las estancias más ostentosas y relevantes de las viviendas para demostrar el poder adquisitivo del propietario (Vipard 2009, 9), que su instalación en los vanos de ventana de la curia acrecentaría la belleza de la nueva imagen dotada al conjunto del foro de Torreparedones. Esta nueva iluminación combinaría con armonía con los nuevos programas decorativos del aula, incrementando, como ya mencionamos, el valor estético y ambiental de algunos elementos y del conjunto de la sala.

Consideraciones finales

Los resultados que hemos obtenido del exhaustivo análisis del conjunto de vidrios romanos de ventana y de otros materiales cerámicos documentados en las excavaciones de la curia de la colonia *Virtvs Ivlia Itvci*, ponen en evidencia la importancia que adquiere el estudio de otros materiales no convencionales a la hora de abordar investigaciones relacionadas con la arquitectura de este periodo. De este modo podemos obtener una imagen más realista de los edificios en su época de mayor esplendor.

El vidrio romano de ventana es un material poco conocido entre investigadores y arqueólogos y su registro en los yacimientos suele ser escaso a consecuencia de la continua práctica del reciclaje ejercida durante este periodo e incrementada en épocas posteriores. Es por ello que las publicaciones específicas sobre estos materiales son escasas y se procede a su estudio sólo cuando existe un volumen considerable de fragmentos recuperados, prestando escasa atención a las distintas funciones desempeñadas en las construcciones a las que se asocian.

En nuestro caso, la abundancia de fragmentos de vidrio recuperados, las características excepcionales de los materiales, así como un conocimiento exhaustivo de los contextos, han facilitado elaborar un trabajo que, con la ayuda de un modelo 3D, nos permite aproximarnos al conocimiento del vidrio de ventana en el yacimiento de Torreparedones y ver la estrecha relación con uno de los edificios más destacados de su foro: la curia.

Esta labor ha sido posible gracias a la identificación de dos tipologías de vidrio de ventana: plano cuadrangular y circular hemisférico. Concretamente, ha sido esta última la que ha permitido saber que en el ábside que remata el aula existía un vano circular. Nuestra hipótesis ha sido efectuada teniendo en cuenta otros paralelos conocidos en el mundo romano y que, además, nos han aportado un esquema de diseño válido para la propuesta de ubicación de otro vano en el mismo paramento. A pesar de que se han documentado en otras áreas del Imperio y de la península ibérica vidrios circulares hemisféricos, esta tipología aparece con menor frecuencia que aquellos planos y cuadrangulares, siendo el panel documentado en Torreparedones el único de estas características hallado en la provincia romana de la Bética hasta la fecha.

La disposición de los vanos propuesta cumple con los principios establecidos por Vitruvio para favorecer la audición dentro de la sala y, además, permite focalizar la atención en determinados puntos o elementos destacados. Es por ello que la instalación de vidrios de ventana en estos vanos ejerce diversas funciones, entre las que destacan el uso como elemento de confort y como material ornamental, por sí mismo y por su influencia en la percepción de los programas que decoraban el edificio de la curia.

Del mismo modo el estudio de una serie de cilindros cerámicos, empleados para la evacuación de aguas pluviales y recuperados en los mismos contextos, indicaría nuevos datos sobre la techumbre, en forma de cubiertas planas, de algunos de los espacios de este edificio.

Respecto a la cronología de los materiales, poca información aporta su estudio tipológico ya que, en el caso del vidrio, las técnicas de elaboración permanecieron estables durante centurias; es por ello que hemos considerado que su inserción formó parte de las mejoras efectuadas en el proceso de marmorización del foro. La instalación de los paneles en los vanos potenció la nueva imagen de la curia, junto con una mayor revalorización y embellecimiento del conjunto. Como enuncia A. Ventura sobre la curia en uno de sus recientes trabajos relacionados con el foro de Torreparedones: «Se configura así como el edificio más prominente y lujoso del foro, junto con el propio templo» (Ventura 2014, 79).

Notas

1. Información facilitada por J. A. Morena López y A. Moreno Rosa.

Lista de referencias

Allen, D. 2002. «Roman window glass». En *Artefacts and Archaeology. Aspects of the Celtic and Roman World*, editado por M. Aldhouse-Green y P. Webster, 102–111. University of Wales Press.

Dell´Acqua, F. 2004. «Le finestre invetriate nell´ antichità romana». En *Vitrum. Il vetro fra arte e scienza nel mondo romano*, editado por M. Beretta y G. Di Pasquale, 109–119. Firenze-Milano.

Madariaga, B., Benéitez, C. y A. Villa. 2000. «Materiales latericios del Chao Samartín (Grandas de Salime, Astu-

rias)». En *II Coloquio Internacional de Arqueología en Gijón. Termas romanas en el occidente del Imperio*, editado por C. Fernández y V. García, 389–395. Gijón: VTP Editorial.

Fontaine, S. D. Y D. Foy. 2005. «Des fermatures de verre pour des oculi». En *Vitres de l´Antiquité, Catalogue d´exposition*, Bavay, 33–36.

Foster, H. Y C. M. Jackson. 2010. «The composition of late Romano-British colourless vessel glass: glass production and consumption». *Journal of Archaeological Science*, 37: 3068–3080.

Foy, D. Y S. D. Fontaine. 2008. «Diversité et evolution du vitrage de l´Antiquité et du haut Moyen Âge». *Gallia*, 65: 405–459.

Fresstone, I. C. 2015. «The recycling and reuse of Roman glass: analitical approaches». *Journal of glass studies*, 57: 29–40.

Grose, D. 1989. *Early ancient glass: core-formed, rod-formed, and cast vessels and objects from the late Bronze Age to the early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D. 50□,* New York: Hudson Hills Press in association with the Toledo Museum of Art. □□□

Mar, R., Ruiz de Arbulo, J., Vivó, D. y J. A. Beltrán-Caballero. 2015. *Tarraco. Arquitectura y urbanismo de una capital de provincia romana,* 1: 259–281. Tarragona: Publicaciones de la Universidad Rovira i Virgili.

Merino Aranda, A. 2014. «Análisis arquitectónico de los edificios del lado oeste del foro de Torreparedones (Baena, Córdoba)». *ANTIQVITAS*, 26: 183–198.

Morena, J. A. e I. M. Sánchez. 2016. «Recientes metodologías para la caracterización arqueológica del paisaje de la colonia Itvci Virtvs Ivlia (Torreparedones, España), durante las épocas romana y tardoantigua». *ROMVLA*, 15: 87–128.

Morena, J. A., Ventura, A., Márquez, C. y A. Moreno. 2011. «El foro de la ciudad romana de Torreparedones (Baena, Córdoba): Primeros resultados de la investigación arqueológica (campaña 2009–2010)». *Itálica 01. Revista de arqueología clásica de Andalucía*: 145–169.

Muñoz Rodríguez, A. Mª. 2013. «Reconstrucción virtual de la Curia de Ituci Virtus Iulia». *Adalid. Asociación Bursabolense de Arqueología Arte e Historia*, 4: 40–57.

Price, J y S. Cottam. 1998. *Romano-British glass vessels: a handbook*, Council for British Archaeology, York.

Ventura, A., Morena, J. A. y A. Moreno. 2013. «La *cvria* y el foro de la *Colonia Virtvs Ivlia Itvci*». En *Anejos de AEspA LXVII*, editado por Soler, B., Mateos, P., Noguera, J. M. y J. Ruiz de Arbulo, 233–247. Mérida.

Ventura, A. 2014. «El Foro». En *Torreparedones –Baena, Córdoba-: Investigaciones arqueológicas (2006–2012)*, editado por Márquez, C., Morena, J. A., Córdoba, R. y A. Ventura, 69–86. Universidad de Córdoba, Córdoba.

Vipard, P. 2009. «L´usage du verre à vitre dans l´architecture romanine du Haut Empire». En *Verre et fenêtre de l´Antiquité au XVIIIe siècle, Actas du premier colloque international de l´association Verre et Historie, Paris-La Défense/Versailles, 13–15 octobre 2005*, editado por Lagabrielle, S. y M. Philippe, M., 3–10.

Las fábricas de albañilería en Abruzzo Citeriore: características tipológicas técnico-constructivas

Clara Verazzo

A fronte di un patrimonio monumentale fortemente manipolato e di fatto alterato nella sua autenticità, frutto delle prassi adottate fin dai primi anni dello Stato post-unitario, lo studio dell'edilizia storica in Abruzzo è apparso un terreno privilegiato di ricerca, grazie ad un patrimonio architettonico seriale abbastanza intatto, fatto di continuità, di livelli medi, di tradizioni sviluppate su tempi lunghi.

Questa continuità, che non conosce soste dal Medioevo, vede una fase di rinnovamento, lento ma graduale, soltanto con il Settecento, conseguentemente al progetto di Carlo III di fondare un regno indipendente. Ma anche in questo caso la presenza di regi tavolarii o le influenze vanvitelliane, peraltro limitate, non riusciranno ad innescare un decisivo cambiamento della situazione.

In considerazione di quanto detto, si cercherà di mettere a fuoco una civiltà costruttiva nel suo complesso relativa all'area della Maiella, con il massiccio montuoso e le valli circostanti comprese nelle attuali province di Pescara e di Chieti. La presenza di materiale lapideo resistente differenzia tale fascia interna dall'Abruzzo marittimo, dove domina invece l'uso del mattone, confezionato sfruttando i grandi giacimenti argillosi della zona.

Le circostanze legate all'orografia e al disagio economico dell'areale di studio sono tra le ragioni di una produzione edilizia piuttosto povera, realizzata utilizzando esclusivamente i mezzi immediatamente disponibili, soprattutto nelle zone lontane dai centri più importanti.

La difficoltà di conoscere l'edilizia storica seriale attraverso la documentazione d'archivio ha orientato verso una metodologia di studio mirante alla ricognizione diretta della casistica esistente, nella notevole varietà delle sue soluzioni, riconducibili tuttavia a categorie confrontabili nell'arco di tempocompreso tra il XIII e il XVIII secolo.

L'impiego dei materiali lapidei utilizzati nella costruzione degli apparecchi murari in Abruzzo rispecchia una prassi consueta nel campo dell'edilizia tradizionale, sempre condizionata dalla natura geologica del suolo e segnata, soprattutto nelle zone interne, dall'egemonia del calcare compatto.[1] Questa rappresenta, infatti, in ragione della sua diffusione prevalente e capillare, uno degli elementi naturali maggiormente distintivi della regione in esame. Si ricorda, tuttavia, che pur essendo dominato dal calcare compatto, il panorama geologicodell'Abruzzo vede anche la presenza, più puntuale e circoscritta, di altri litoidi, tutti di minore durezza, che caratterizzano il volto dell'edilizia storica diffusa nelle diverse sub-aree: in qualche caso dando vita, con il calcare compatto, a strutture murarie costituite da materiale lapideo misto; in altri sostituendosi completamente ad esso, specialmente lì dove il calcare compatto risulta assente o difficilmente reperibile. Il quadro geologicodell'area di studio ha evidenziato anche la presenza di arenaria e travertino, specie nella sua variante ben stratificata estratta dai banchi superficiali, più raro il caso di tufo.[2]

Le ricadute sull'edilizia storica sono evidenti in tutti i siti indagati. Il calcare compatto o pietra della

Maiella,[3] nota in ambito locale, anche, come «pietra gentile», è presente infatti, da solo o misto ad altre pietre, in più della metà (circa il 60%) del totale dei casi esaminati. Minore risulta la presenza di arenaria[4] nelle strutture; ancora inferiore quella del travertino.

L'impiego omogeneo di calcare compatto si riscontra con particolare evidenza nella valle dell'Orta, come nelle chiese di San Tommaso e di Santa Maria delle Grazie, a Caramanico Terme (figura 1), e di Sant'Eufemia a Fara Filiorum Petri, nel castello di San Valentino in Abruzzo Citeriore, nei borghi di Roccamontepiano, Musellaro, Salle Vecchia e Serramonacesca.

L'uso esclusivo della stessa pietra contraddistingue anche l'area della valle del Sangro-Aventino, dove l'elenco dei manufatti rilevati, realizzati in calcare compatto è piuttosto cospicuo: fra i molti esempi si ricordano i borghi di Pietra Antica a Fallo, Pietra Lucente a Gessopalena, le chiese di San Nicola a Lettopalena e di San Biagio a Taranta Peligna. Anche nella valle del Foro si segnalano alcuni casi rilevanti, come, ad esempio, il centro storico di Pretoro.

L'arenaria, probabilmente per la sua facile degradabilità, è stata utilizzata come materiale esclusivo solo dove egemone e facilmente reperibile, mentre in tutti gli altri casi risulta impiegata insieme ad altri materiali lapidei. Strutture miste in arenaria e calcare sono state rilevate nei borghi di Sant'Antonio a Bomba, di Montebello sul Sangro e di Montenerodomo.

Il travertino compare, invece, solo all'interno delle fabbriche maggiori, soprattutto ecclesiastiche, con l'eccezione del centro abitato di Musellaro: qui viene impiegato sia nei cantonali della facciata principale di palazzo Tabassi, che sul muro a scarpa della torre difensiva.



Figura 1
Caramanico Terme (Pe), chiesa di Santa Maria delle Grazie, prospetto settentrionale (Verazzo 2014).

I materiali lapidei utilizzati negli apparecchi murari individuati risultano, nella maggior parte dei casi, estratti da affioramenti superficiali, mentre ampliamenti e ricostruzioni sembrano essere determinati, almeno in alcuni casi, da materiale di reimpiego, magari recuperato da crolli o dallo spoglio di manufatti architettonici preesistenti. Quest'ultima pratica risulta testimoniata dal riuso di pezzi «speciali», quali grossi conci accuratamente squadrati, architravi, stipiti e cornici. Fra i casi riscontrati, si segnalano la porta urbica di San Giuseppe ad Atessa e il palazzo Tabassi a Musellaro. Meno riconoscibile risulta il reimpiego di elementi «ordinari», a causa dell'irregolarità del pezzame che contraddistingue la maggior parte degli apparecchi murari abruzzesi.

Il reperimento dei materiali da costruzione ha dunque seguitoil principio della massima economia di costi e di tempi. Nel caso di materiali di nuova estrazione, le fonti storiche documentano le attività ad essi legati di gran parte dei centri appartenenti al bacino geo-litologico della Maiella, dove, ancora agli inizi del XX secolo, è possibile rilevare come da per tutto si avessero «lavorazioni di pietre da taglio e, limitatamente, di marmo, nonché stabilimenti del gesso e della pozzolana» (Iezzi 1919, 69). Molti dei centri arroccati sulla montagna hanno legato, secondo una tradizione secolare, parte della loro economia all'estrazione e alla lavorazione della pietra, come Fara San Martino, Gissi, Gessopalena, Lama dei Peligni, Palena, Palombaro, Taranta Peligna.

I leganti usati nelle costruzioni abruzzesi sono in genere a base di calce aerea e sabbia. Quest'ultima è spesso di cava, non escludendosi tuttavia l'utilizzo di sabbia marina ben lavorata ed epurata dei sali. Fonti documentarie settecentesche fanno riferimento a ricette dove la calce è associata al gesso, «cotto, pisto e passato» e all'arena, specificando che quella «bianca» serve per lo stucco, dunque per operazioni di finitura, quella di fiume per il rustico (Battistella 1989, 178). Le proporzioni della calce rispetto all'arena variano in genere da 1 a 2, a secondo che la calce sia più o meno grassa. Lo stesso Gavini, nella sua *Storia dell'Architettura in Abruzzo* conferma come la malta più comune in Abruzzo sia da sempre quella a base di calce e sabbia. E' anche vero, tuttavia, egli aggiunge, che nelle costruzioni più ardite, come ad esempio i campanili, siano state usate «malte durissime e malte idrauliche ancora resistenti; allo stesso modo per la costruzione delle volte, di tramezzi e di solai si è

usata la malta di gesso sfruttando i grandi giacimenti della provincia di Chieti» (Gavini 1927–28, 231–232). Il riferimento al gesso trova il suo riscontro, in tutta la regione, nella consuetudine di usare su larga scala questo legante, per l'apparecchiatura delle volte soprattutto, quasi sempre realizzate con mattoni in foglio e dunque tali da sfruttare il suo aumento di volume in corso d'opera, quale prezioso espediente costruttivo.

L'esame diretto di molte fabbriche mostra che in Abruzzo gli apparecchi murari sono caratterizzati in prevalenza dalla presenza di blocchi di calcare appena lavorati, bozze, scapoli e scaglie, ciottoli di fiume, materiale erratico, ma anche frammenti di laterizi, cocci, mattoni e tegole, con una posa in opera irregolare e la tessitura della cortina variabile di caso in caso.

L'osservazione del paramento della parete laterale ovest della chiesa della Madonna della Pace ad Ortona, databile tra il XII e il XIII secolo, mette in luce la distribuzione del materiale lapideo, costituito da elementi di grosse dimensioni, circa 36×25×18 cm, che alternandosi a pezzi più piccoli di misure attorno ai 10×8×5 cm, penetrano in profondità nella parete e realizzano collegamenti con il nucleo. Molta cura viene rivolta all'ingranamento delle pietre più grosse con quelle minori e allo sfalsamento dei giunti, di spessore variabile da 0,5 cm a 1,5 cm.

Tra gli esempi di apparecchi irregolari è anche quello che tesse il paramento laterale sud-est del campanile della chiesa di Sant'Eufemia[5] a Fara Filiorum Petri, databile al XIII secolo: bozze di dimensioni piccole, con lunghezze massime pari a 27 cm, altezze contenute entro i 20 cm ed elementi medi oscillanti tra 9×7 e 14×8 cm, sono apparecchiate con una discreta percentuale di zeppe, mentre il nucleo, costituito da scaglie e scapoli lapidei di piccole dimensioni, è costipato.

A Montebello sul Sangro[6] nel muro di chiusura portante di un edificio ridotto a rudere, lungo via Castello, è stato individuato un apparecchio irregolare costituito da bozze di pietra calcarea di dimensioni variabili, con lunghezze massime pari a 40 cm, altezze contenute entro i 20 cm ed elemento medio pari a 14×20 cm, poste in opera con giunti di malta compresi tra 1 e 3 cm, appena inzeppate con scaglie e ciottoli, databile al XIII secolo. Il nucleo, di spessore contenuto entro gli 80 cm, è costituito da ciottoli e scaglie ben costipate.

Esempi interessanti sono stati rilevati presso il castellodi San Valentino in Abruzzo Citeriore, in provincia di Pescara, databile fra la fine del X secolo e l'inizio dell'XI secolo, in concomitanza con l'incastellamento di Abbateggio, Musellaro e Salle (De Laurentis 1981; Chiarizia1990; Rubini 1992). L'apparecchio murario della torre nord del castello, pur essendo caratterizzato da una sensibile diversificazione dimensionale dei pezzi, presenta una netta prevalenza di elementi medi e grandi con lunghezze massime appena superiori a 40 cm, posti in opera con spessi giunti di malta, appena inzeppati con scheggioni lapidei. Lo stesso vale per l'apparecchio murario della torre sud con elemento medio pari a 32×10×16 cm. Invece, il muro interno della corte, databile tra la fine del XIII secolo e la prima metà del XIV secolo, presenta un apparecchio costituito da elementi medi e piccoli con lunghezze inferiori a 40 cm e altezze contenute entro i 30 cm, montati in opera con spessi giunti di malta. I nuclei ispezionati fra queste strutture murarie presentano un costipamento di scaglie e scapoli lapidei simili, nelle dimensioni e nella forma, alle bozze individuate sui paramenti stessi.

L'apparecchio murario della chiesa di Sant'Antonio, presso l'omonimo borgo di Bomba, oggi completamente abbandonato, evidenzia, nell'uso di una grande quantità di frammenti e scapoli, la necessità di ridurre al massimo tempi e costi di realizzazione, ma al tempo stesso rivela, viceversa, un'innegabile capacità d'impiego degli scarti di lavorazione, accuratamente apparecchiati insieme ai pezzi principali, di calcare e arenaria, che, in questo caso, raggiungono dimensioni ragguardevoli, con altezze massime pari a 30 cm e lunghezze massime pari a 70 cm (figura 2).

Questa tipologia èpresente in molte abitazioni dei centri storici esaminati, come Musellaro. Nei maschi murari delle case a schiera in Piazza del Crocifisso troviamo l'uso combinato di blocchi e bozze calcaree, di dimensioni variabili, apparecchiate con scaglie lapidee e laterizi di recupero, a cui si associa l'impiego di elementi lignei, detti «radiciamenti», inseriti nella muratura, per assicurarne maggiore stabilità (figura 3).Le diversetestimonianze sull'uso di «ligati», legni robusti e lunghiposti in un muro per la salvezza della fabbrica rimandano alle maestranze lombarde, operanti in Abruzzo dal XV secolo in poi (D'Anselmo 1995, 71–76).



Figura 2
Bomba (Ch), chiesa di Sant'Antonio al ponte, prospetto principale (Verazzo 2014).

Apparecchi irregolari segnati da corsi di orizzontamento disposti a distanze variabili, in genere non superiori a 50 cm, sono stati rilevati in tutta l'area di studio. Un campione di muratura, databile tra il XII e il XIII secolo, caratterizzato da scapoli e scaglie a ricorsi sub-orizzontali, distanti 30–40 cm, è stato rilevato lungo la parete settentrionale della chiesa di San Tommaso, a Caramanico Terme, in provincia di Pescara. A Roccamontepiano in contrada Santa Maria delle Grazie, è stata individuata un'apparecchiatura muraria in bozze e scapoli irregolari disposti in modo omogeneo, che in prossimità dei ripianamenti mostra frammenti di laterizio ricavati in genere da mattoni e coppi. I ripianamenti hanno una distanza media di circa 50 cm ed i laterizi sono allettati su di un abbondante strato di malta ricca di scaglie di pietra e frammenti di laterizio, la cui presenza fa datare questo apparecchio murario a dopo il XVI secolo.Altri esempi sono stati riscontrati nei ruderi di due edifici a Salle Vecchia, insediamento altomedievale nato come piazzaforte di difesa della valle del Pescara, che a seguito dei gravi danni prodotti sia dalle frane sia dai terremoti del 1915 e del 1933, è attualmente disabitata. Nel primo caso, l'apparecchio è costituito da bozze irregolari con corsi di orizzontamento discontinui formati da frammenti di mattoni. Le bozze sono appena lavorate, con dimensioni medie 20×13×22 cm, mentre gli inserti di laterizio hanno dimensioni medie di 2×7×14 cm. Nel secondo caso, la muratura è costituita da bozze irregolari con corsi di orizzontamento discontinui. Gli elementi lapidei sono appena sbozzati, con dimensioni medie 20×13×18 cm. I nuclei ispezionati di entrambi i casi hanno rivelato la tecnica a materiale costipato. In base ai dati desunti dalle analisi dirette, la malta del nucleo corrisponde perlopiù a quella delle cortine, sia esterne che interne, mentre come aggreganti sono stati utilizzati frammenti e scaglie calcaree di piccole dimensioni, raccolti tra gli scarti di lavorazione dei pezzi inseriti nei paramenti. Il legante è formato da calce grossolana e sabbia di spessore che varia da 2 a 5 cm.

Nei resti della chiesa di San Biagioa Taranta Peligna, fondata nell'XI secolo e completamente rinnovata nel XVI secolo, di cui oggi permangono pochi lacerti, frutto della parziale demolizione su ordinanza del Genio Civileper motivi di pubblica sicurezza, conseguente ai gravi danni subiti durante la II guerra mondiale (Verlengia 1958, 105–109), si è rilevata la tipologia irregolare a corsi sub-orizzontali sia nei resti dell'abside sia lungo la parete laterale di nord-est. L'apparecchio murario dell'abside è costituito da bozze calcaree di dimensioni variabili, con lunghezze massime di 80 cm e altezze massime di 23 cm, e scaglie lapidee. Il nucleo è incastrato, forse a causa dello spessore, di circa 60 cm, e rappresenta uno dei rari casi rilevati. La parete laterale è caratterizzata da bozze di diverse dimensioni sia lungo il lato esterno che interno, rispettivamente con lunghezze massime variabili tra 50 e 60 cm e altezze contenute fra 24 e 26 cm. Il nucleo mostra la prevalenza di frammenti, scaglie e scapoli di calcare costipato.

Un dato rilevante nell'analisi delle tipologie murarie è rappresentato dalla regolarizzazione delle imprecisioni esecutive in relazione alle altezze dei ricorsi, che prevede, a volte, la disposizione di zeppe poste al di sopra di uno o più blocchi. Questo tipo di apparecchio è realizzato soprattutto in calcare compatto, ma in alcuni casi appare anche l'arenaria. Ne troviamo esempi nei muri di chiusura laterali dell'abbazia di Sant'Egidio a Gessopalena,[7] databili a dopo il XV secolo; nei muri di chiusura portanti dell'edificio a blocco del borgo di Sant'Antonio, a Bomba, databili dal XVI secolo in poi; nei muri di chiusura laterali di alcuni edifici ubicati a Fallo, databili intorno al XVIII secolo. In questi tipi murari, la struttura irregolare del materiale in bozze è contenuta dal ricor-

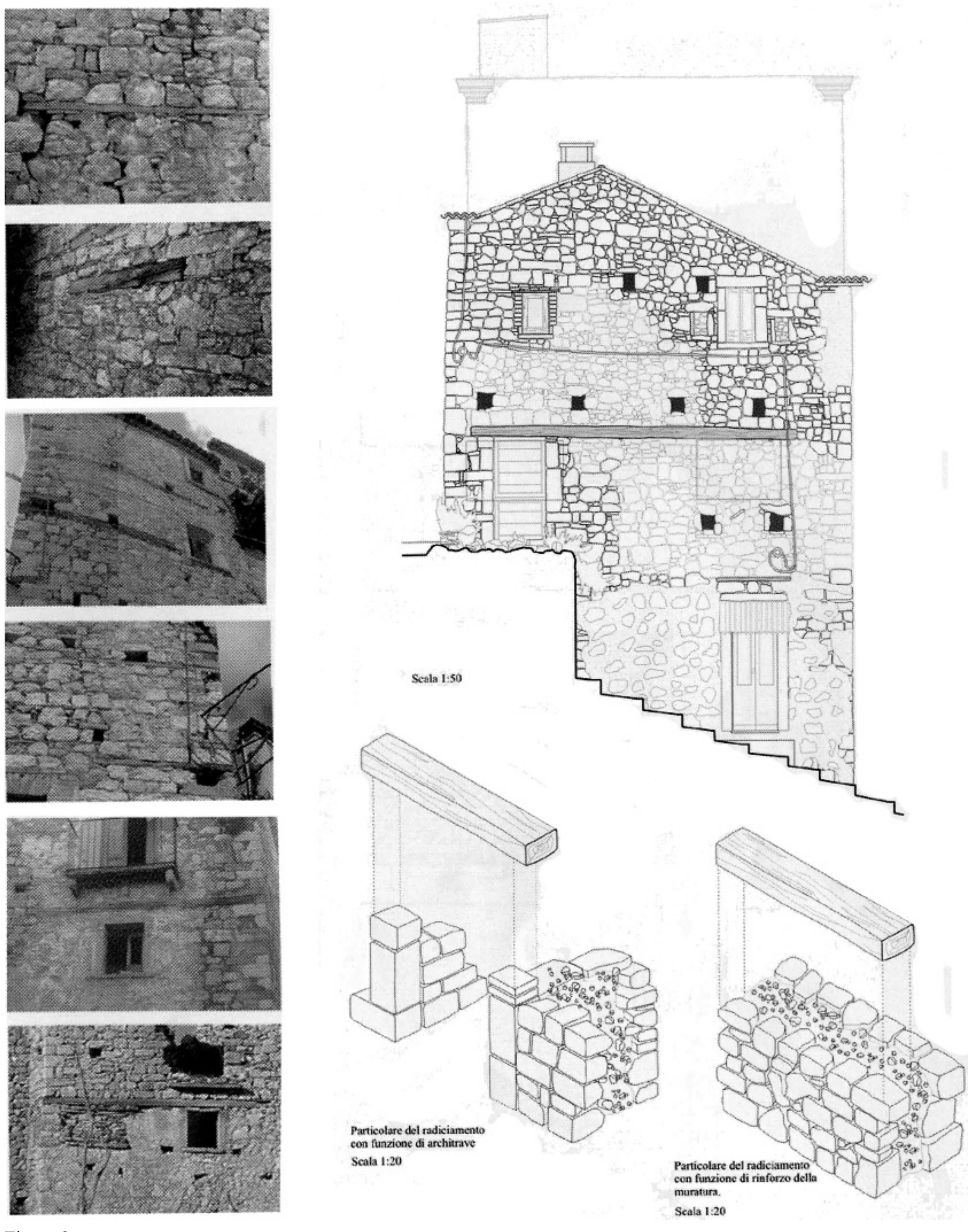


Figura 3
Montebello sul Sangro (Ch), particolare di un «radiciamento» impiegato sia come architrave, sia come rinforzo dell'apparecchio murario in bozze e blocchi di calcare. A sinistra, dettagli fotografici di travi lignee inserite nelle murature (Verazzo 2014).

so ai cantonali, angoli costituiti da conci squadrati in materiale più resistente.Lo stesso Leon Battista Alberti sottolineava la necessità di collegare gli elementi murari, per ottenere una buona risposta dell'edificio tanto ai carichi verticali quanto, soprattutto, alle forze sismiche orizzontali. Questi collegamenti sono espressi nella costruzione di buoni cantonali che ammorsano le due pareti perpendicolari, ovvero elementi che si intersecano formando «una squadra, un martello, o una croce» (Alberti [1485]. 1996). Un caso particolarmente interessante è il cantonale della facciata principale di palazzo Tabassia Musellaro, databile tra il XVI e il XVII secolo, costituito da blocchi di pietra squadrata e parzialmente levigata, a cui sono aggiunti elementi di reimpiego a base rettangolare con due dimensioni, altezza e lunghezza, prevalenti sulla terza, lo spessore. La morsa tra i due paramenti avviene nei due piani alternando la superficie di testa (spessore-lunghezza) alla superficie frontale (lunghezza-spessore). Le dimensioni dei singoli pezzi del cantonale sono medio-grandi, mentre i diatoni presentano dimensioni pari a 25/30×18/20×70 cm. La percentuale di malta impiegata, a base di calce e sabbia di fiume, non è molto alta, ma ciononostante, grazie alla buona apparecchiatura, la muratura non presenta grossi problemi di ordine meccanico.

Gli apparecchi murari in pietra semilavorata sono di solito abbastanza regolari e presentano modifiche nella costruzione, poiché gli elementi sono disposti spesso di fascia su filari continui; inoltre il giunto di malta è più rifinito, lisciato a filo del blocchetto con uno spessore variabile. Le differenze tra i paramenti dello stesso tipo si trovano esclusivamente nelle dimensioni dei blocchi impiegati. In molti paramenti l'irregolarità del materiale è stata causa dell'impiego di corsi con bozze sdoppiate per cercare di recuperare una certa orizzontalità, che sovente veniva ottenuta anche mediate l'inserimento di zeppe.

Un esempio interessante si è riscontrato nella torre di difesa di Musellaro, in cui sono presenti esempi di murature in blocchi realizzate con solo materiale lapideo, con filari regolari o a volte sdoppiati, composti da blocchetti per lo più di dimensioni omogenee. La muratura, composta da elementi di pietra calcarea, è abbastanza regolare, a bozze e blocchi spaccati, ma non squadrati, con corsi di orizzontamento ogni 60–70 cm. La presenza di diatoni non è regolare e non è possibile analizzare l'interno, tranne che su un lato in cui la muratura presenta un'intercapedine di circa 60 cm di lunghezza. Le pietre sono perfettamente incastrate tra di loro, con uno spessore di malta, calce e sabbia di fiume, quasi assente.

Per le murature in pietra lavorata va fatta una distinzione tra apparecchi meno regolari, costituiti da elementi comunque ben squadrati e rastremati a cuneo verso l'interno, ma sottoposti ad una spianatura solo sommaria, privi di rifiniture estetiche e disposti a filari leggermente ondulati e apparecchi in pezzi perfettamente squadrati e spianati, spesso rifiniti con un nastrino perimetrale e disposti a filari orizzontali ben combacianti ma non isometrici. Le commessure dei paramenti, orizzontali e verticali, sono nel primo caso leggermente variabili, ma con oscillazioni contenute entro 1 cm, mentre nel secondo sono sottilissime e costanti.

Esempi di apparecchi in conci squadrati con filari leggermente ondulati sono stati rilevati a Salle Vecchia, nei paramenti di chiusura perimetrali di due ruderi di case isolate: nel primo caso è presente una muratura costituita da un rivestimento esterno di conci regolari, la cui parte interna si restringe in modo da incastrarsi meglio con la restante muratura. I conci di pietra calcarea sono squadrati e sbozzati, con dimensioni medie di 21×32×23 cm. Nel secondo caso la muratura è costituita da un rivestimento esterno in conci regolari, squadrati e spianati di dimensioni 17×40×22 cm. Entrambi i casi presentano un legante formato da calce grossolana e sabbia con spessore che varia da 0,5 a 1 cm, mentre il nucleo è costituito da scaglie e detriti di piccole dimensioni.

Apparecchi murari a corsi orizzontali e paralleli sono stati rilevati ed analizzati nei resti del campanile della chiesa di San Biagio a Taranta Peligna, datato alla seconda metà del XVI secolo. Conci di medie e grandi dimensioni, squadrati e spianati, sono messi in opera a filari paralleli, allettati con calce, con giunti di spessore non superiore a 0,5 cm (figura 4). Medesimo apparecchio è rilevato sui conci di pietra calcarea del campanile della chiesa di Sant'Eufemia,a Fara Filiorum Petri, dove è possibile ancora leggere i segni lasciati dalla martellina.

Schematizzando le informazioni raccolte analiticamente sul territorio, si possono quindi avanzare alcune considerazioni conclusive. In primo luogo, la netta prevalenza degli apparecchi murari in pietra non lavorata, diffusi sul territorio, secondo le diverse modalità di realizzazione, in senso diacronico e sincro-

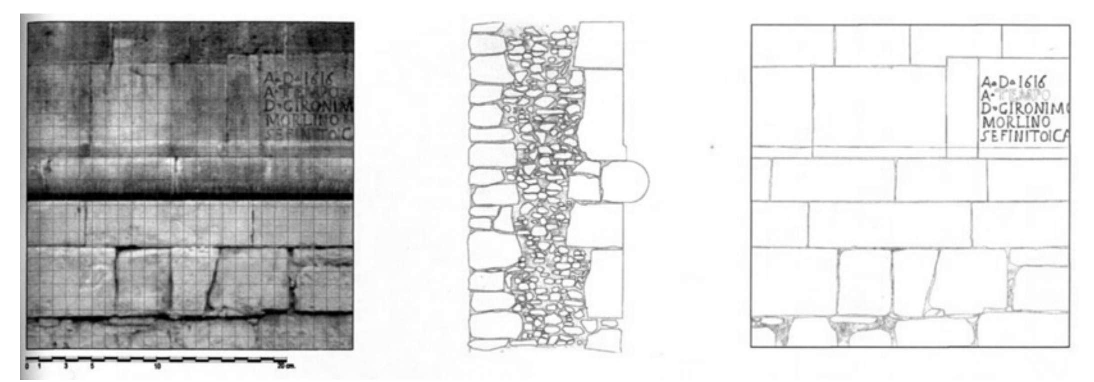


Figura 4
Taranta Peligna (Ch), chiesa di San Biagio, rilievo del paramento murario del campanile in conci a corsi orizzontali e paralleli (Verazzo 2014).

nico, rispetto agli apparecchi murari in pietra semilavorata e lavorata.

Dal punto di vista cronologico, le murature in sole bozze hanno trovato un impiego continuo e ininterrotto nel corso dei secoli, con una più alta concentrazione fra il XIII e il XV secolo e, successivamente, dal XVII secolo in poi; le murature in pietra semilavorata risultano impiegate prevalentemente tra il XVII e il XVIII secolo; le murature in pietra lavorata si riscontrano sia nel XIII secolo che dal XVI secolo in poi.

In conclusione, la convinzione che emerge dal contributo è che lo stato di fatto assolutamente sconveniente dell'edilizia diffusa dell'Abruzzo meridionale, tra abbandoni, demolizioni, riusi impropri e illusori ritorni all'antica*faces*, scaturisca proprio da una scarsa conoscenza e considerazione dei valori architettonici e materiali del patrimonio architettonico in oggetto, fino ad oggi poco indagato attraverso ricerche storico-letterarie, talora approfondite, più spesso di dubbia attendibilità, ma sempre limitando la comprensione architettonica a sintetiche e sommarie descrizioni, circoscritte perlopiù ai casi notevoli.

Notas

1. Il calcare compatto, consistente in rocce carbonatiche, classificabili nella grande famiglia delle sedimentarie, è in assoluto il più diffuso e presente in strati e banchi di spessore variabile da alcuni decimetri ad alcuni metri. I calcari formatisi in condizioni ambientali favorevoli presentano una struttura molto uniforme e possono, quindi, essere facilmente lavorati ed incisi. In effetti, però, tali formazioni, di origine chimica o organica, danno luogo a specie litoidi differenti per composizione e per caratteristiche del materiale. La dimensione dei singoli poliedri in cui è suddivisa la roccia variano al variare della frequenza con la quale si ripetono all'interno della massa litoide le diverse discontinuità e nelle parti interessate da disturbi tettonici, la roccia si presenta minutamente frantumata fino a ridursi in poliedri dell'ordine del decimetro.
2. Nell'area di studio è possibile individuare essenzialmente sette raggruppamenti litologici affioranti, rappresentati, secondo i termini definiti nella classificazione petrografia, da: rocce carbonatiche, arenarie, conglomerati di natura calcarea, marne, argille scagliose, travertini e rocce sciolte di natura clastica e di origine continentale. Sono presenti inoltre affioramenti, peraltro più modesti, di rocce gessose microcristalline sotto forma di lenti o di strati discontinui alternati od inglobati ad argille e marne più o meno scagliose.Per un approfondimento sulla geo-morfologia dell'Abruzzo, in particolare di quello montano, si ritiene utile rimandare ai contributi di: Sacco 1907, 377–461; Demangiot 1965; Riccardi 1965; Almagià1970.
3. La pietra della Maiella, per la natura carbonatica e la particolare tessitura, è classificata come calcarenite, a granulometria medio-fine e cemento calcitico, di particolare lavorabilità e caratterizzata da differenti sfumature cromatiche, che variano dal bianco al giallo paglierino e, più raramente, dal grigio, al verdastro e al nero (Rodolico1965, 316–324; Whitten e Brooks1978).
4. Le arenarie sono rocce sedimentarie che si formano per diagenesi delle sabbie in seguito al deterioramento di rocce ignee ed al successivo trasporto e deposito in altri

luoghi. Le proprietà tecniche delle arenarie sono influenzate dall'assetto e dalla struttura della sabbia componente e dalle caratteristiche del materiale cementante; in particolare la varietà presente nell'area di studio, costituita da sabbia di elementi quarzosi e micacei e da un cemento di origine calcareo-marnoso, ha le caratteristiche di una roccia molto tenera e con struttura isotropa. Abbastanza resistente agli agenti atmosferici tende ad esfoliarsi per gelivazione; il cemento carbonatico, poi, non conferisce al materiale elevate caratteristiche di resistenza a compressione. Le arenarie molassiche si presentano in natura sedimentate in strati regolari intercalate da materiali di diversa origine, con spessori che variano da alcuni centimetri al mezzo metro e più. Hanno giacitura ben stratificata che consente di ottenere, nell'estrazione, una pezzatura ben caratterizzata da due piani paralleli così che è agevolmente possibile disporre il materiale in opera in ricorsi orizzontali.

5. La chiesa di Sant'Eufemia, fondata nel X secolo, presenta una tipologia ad aula unica, senza coro, e un piccolo campanile a vela. Si tratta di un tipo di chiesa di tradizione monastica mendicante, definito, nell'architettura storica abruzzese, chiesa «a fienile» (Bartolini Salimbeni 1993; Bartolini Salimbeni 1998, 27–30). Dalla metà del Novecento in poi, la chiesa risulta abbandonata, forse a seguito dei danni riportati durante il secondo conflitto mondiale. La vegetazione che a tutt'oggi infesta gli interni non protetti da coperture e i fenomeni di degrado presenti su strutture e superfici denunciano l'assenza totale di manutenzione.
6. Montebello sul Sangro è costituito da due nuclei: il borgo vecchio, posto sul crinale del Monte Vecchio e il borgo nuovo, ubicato sul versante orientale del suddetto monte. L'insediamento, noto dal XIV secolo al XVI secolo con il nome di Malanotte, muta poi, nel 1550 in Buonanotte e, dal 1969, in Montebello sul Sangro. L'area è stata interessata da un gran numero di movimenti franosi, classificati nel tempo come colate di terra e di fango. Nel 1910 una frana di crollo coinvolse l'antico abitato, per il quale venne stabilito un provvedimento legislativo, ai sensi della legge n. 445 del 9/7/1908, per trasferire, a spese dello stato, gli abitanti in nuove costruzioni realizzate a valle (Almagià 1910; Montanari 1941). Attualmente il borgo Buonanotte è disabitato e versa in grave stato di abbandono, nonostante il Piano di stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del Bacino del fondo Sangro abbia evidenziato la mancanza di pericolo, nonché di fenomeni franosi (D'Alessandro e Pantalone 1987, 805–821; D'Alessandro e Urbani 2000, 2562–2572).
7. Poche le notizie giunte a noi relative all'abbazia di Sant'Egidio, probabilmente fondata intorno al XV secolo, in concomitanza con l'arrivo degli Aragonesi, che successero agli Angioini (Pellicciotti, 1964, 7–15). La chiesa, danneggiata ma non distrutta, dal terremoto del 1933 e dalla seconda guerra mondiale, oggi versa in avanzato stato di degrado: la copertura, completamente crollata, ha disvelato la struttura degli apparecchi murari, costantemente esposti alle intemperie, ormai totalmente privi di intonaci e stucchi. Della parete absidale restano solo pochi lacerti, mentre lungo le pareti laterali, pur degradate, sono ancora visibili i resti delle campate. Sul prospetto principale si trova il portale quattrocentesco, in conci di calcare della Maiella, della chiesa della Santissima Annunziata, probabilmente scolpito dai maestri di Pennapiedimonte, ricomposto per anastilosi nella prima metà XX secolo.

Riferimenti bibliografici

Alberti, Leon Battista. [1485] 1996. *De re Aedificatoria*. Milano: Il Polifilo.

Almagià, Roberto. 1910. «Studi geografici sulle frane in Italia: Appennino Centrale e Meridionale». In *Memorie della Società Geografica Italiana,* 14.

Almagià, Roberto. 1970. *Le Regioni d'Italia. Abruzzo e Molise.* Torino: UTET.

Bartolini Salimbeni, Lorenzo. 1993. *Architetture francescana in Abruzzo dal XIII al XVIII secolo*. Roma: Edigrafica.

Bartolini Salimbeni, Lorenzo. 1998. «Delle Tipologie religiose nell'architettura abruzzese fra XI e XIX secolo». *Abruzzo*, 36: 27–30.

Battistella, Franco. 1989. «Note su alcune "fabbriche" attribuite a Francesco di Sio architetto napoletano attivo in Abruzzo tra il settimo e il nono decennio del XVIII secolo». *Rivista Abruzzese*, 42: 97–184.

Chiarizia, Giuseppe (a cura di). 1990. *Centri storici della Val Pescara dall'evo medio ai giorni nostri*. Pescara: Carsa.

D'Alessandro, Leandro e Alfredo Pantalone. 1987. «Caratteristiche geomorfologiche e dissesti nell'Abruzzo sud-orientale». In *Memorie della Società Geografica Italiana,* 37: 805–821.

D'Alessandro, Leandro e Alessandro Urbani. 2000. «Studio sulle caratteristiche geomorfologiche dei centri abitati in Abruzzo». In *Atti del XXVIII Congresso della Società Geologica Italiana*, 3: 2562–2572.

D'Anselmo, Marcello. 1995. «Le strutture degli edifici dei centri storici minori in Abruzzo: osservazioni sulle tecniche di consolidamento». In Civita, Mauro (a cura di), *Conservazione: ricerca e cantiere*: 71–76. Fasano di Brindisi: Schena.

De Laurentis, Cesare. 1981. *Il Guastaldato e la Contea di Teate con la serie de' suoi Conti*. Avezzano: Polla.

Demangiot, Jean. 1965, *GéomorphologiedesAbruzzesadriatiques*. Parigi: CNRS.
Gavini, Ignazio Carlo 1927–28. *Storia dell'Architettura in Abruzzo*: 231–232. Milano: Casa editrice d'arte Bestetti e Tumminelli.
Iezzi, G. 1919. *La Majella e l'Abruzzo Citeriore*. Guardiagrele: A.G. Palmerio.
Montanari, P. 1941. *Frane dell'Appennino italiano con particolare riferimento all'Abruzzo e Carta delle frane in Abruzzo*. Milano: Edizioni I.P.I.
Pellicciotti, Antonio. 1964. *Terra Gypsi. Gessopalena: memorie e figure*. Chieti: C. Marchionne.
Riccardi, Mario. (a cura di) 1965. *Abruzzo e Molise. Studi geologici.* Napoli: La buona stampa.
Rodolico, F. 1965, *Le pietre delle città d'Italia*. Firenze: Le Monnier.
Sacco, Federico. 1907. «Gli Abruzzi. Schema geologico». *Bollettino della Società Geologica Italiana,* 26: 377–461.
Rubini, A. 1992. *Il contado di S. Valentino in Abruzzo Citeriore.* Penne: Cogecstre editore.
Varagnoli, Claudio (a cura di). 2008. *Abruzzo da salvare/1*. Villamagna (Ch): Tinari.
Verazzo, Clara. 2014. *Le tecniche della tradizione. Architettura e città in Abruzzo Citeriore*. Roma: Gangemi.
Verlengia, Francesco. 1958. «Taranta Peligna e la Chiesa di S. Biagio». *Rivista Abruzzese di Scienze, Lettere ed Arte*, 11: 105–109.
Whitten, Douglas Gilbert Alberte Brooks, John Reginald-Verney. 1978. *Dizionario di geologia*. (ed. italiana a cura di Maurizio Gaetani). Milano: A. Mondadori.

JAI TEK: anonimato o autoría en la difusión del qanāt a Al-Andalus

Roberto Villamayor Fernández
Marte Mujika Urteaga

La iniciativa *JAI TEK tecnología feliz* es una selección de arquitecturas concebidas al servicio de la comunidad (Mujika, Villamayor 2007). Esta comunicación forma parte de una serie de contribuciones a congresos, que pretenden destacar el valor de las técnicas tradicionales y anónimas. Las soluciones *felices* o *jai*, basadas en la sencillez y el ingenio, facilitan la apropiación por el colectivo de usuarios. La identificación de la comunidad con la arquitectura convierte a la tecnología en cultura.

Entre los ejemplos *JAI TEK* estudiados figura el *qanāt*, técnica hidráulica en la que se centra la Tesis Doctoral: «QANĀT. El peso del agua en la construcción de un paisaje», inscrita por Roberto Villamayor en el Departamento de Arquitectura de la UPV/EHU.

El *qanāt* consiste en una galería subterránea, que capta el nivel freático en una elevación, para abastecer de agua potable a una población situada en territorio estéril (figura 1).

Se trata de una técnica milenaria, originada en Persia, aunque utilizada en otros lugares con características climáticas y topográficas similares. Esta comunicación analiza la difusión del *qanāt* a Hispania y a al-Andalus. Varios tratados, de diferentes periodos históricos, describen su construcción. La conclusión valora la influencia de estos textos técnicos en la transmisión del *qanāt*.

Funcionamiento

El extenso desierto central de Irán, el núcleo original de Persia, está delimitado por dos cadenas montañosas, Alborz y Zagros, cuyas cuencas aluviales vierten a la altiplanicie. Los sistemas de abastecimiento de agua habituales son ineficaces en este entorno. En primer lugar, los escasos ríos obedecen a las estaciones meteorológicas. La irregularidad del caudal no permite superficies de cultivo estables. Asimismo, la profundidad del nivel freático en los asentamientos, junto a la salinidad del agua, impiden la utilización del pozo vertical. Por último, los manantiales naturales vierten agua salina. La nieve que retienen las montañas, tras fundirse, se filtra al subsuelo a través de los depósitos arenosos. Hasta su salida en la meseta, el agua erosiona el lecho de roca y se satura con residuos salinos. Cuando brota a la superficie, tras evaporarse, forma acumulaciones de sal denominadas *namar* y *kavir* (Beazley, Harverson 1982, 4).

Al comienzo de la cuenca, en cambio, el agua permanece limpia y se encuentra a poca profundidad (Cressey 1958, 28; Beaumont 1989, 13–17). El *qanāt*, al modo de un rebosadero, aprovecha el agua potable antes de que la sal esterilice la tierra. La conducción debe llegar hasta la planicie, ya que la regularidad del relieve permite mayor superficie de cultivo. La longitud del *qanāt* depende de la pendiente del terreno y de la cota del nivel freático (Beaumont 1971, 42–47). *Kirman* cuenta con los más largos, unos 70 Km, mientras que las captaciones más profundas, de unos 250 m, se encuentran en *Gonabad* (figura 2).

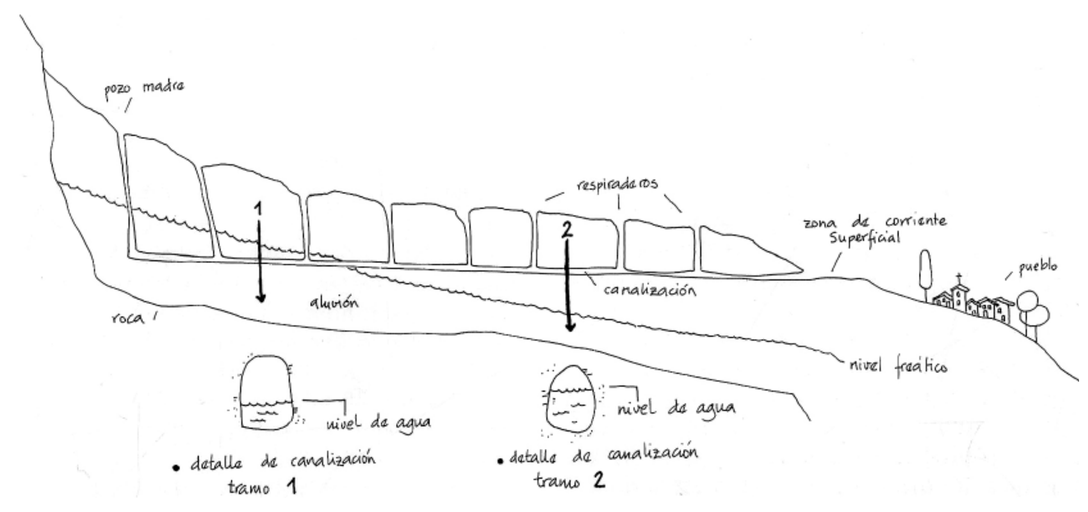


Figura 1
Sección longitudinal tipo de un *qanāt*. (Argemí et al. 1995, 181).

Origen

Aunque no haya consenso sobre su lugar de invención, varios datos objetivos localizan en Persia su máximo desarrollo: número de instalaciones, mejor calidad de construcción y amplio vocabulario técnico (English 1968, 175). Asimismo, sólo el *qanāt* permite habitar el extenso desierto del altiplano (figura 3).

En el siglo II a.C., el historiador greco-romano Polibio proporciona la primera referencia documental conocida:

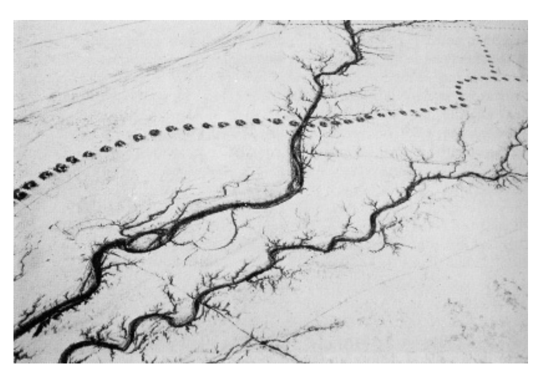


Figura 2
Cruce entre ríos estacionales y *qanāt* en el altiplano persa. (Petruccioli [1985] 1990, 113).

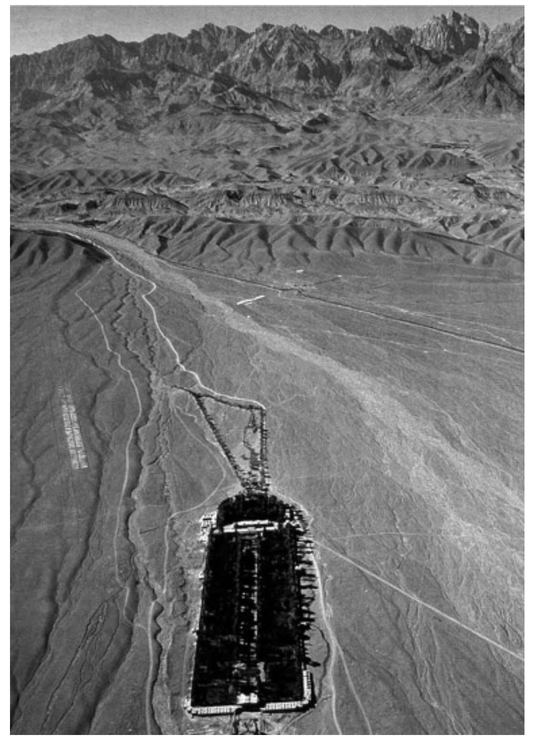


Figura 3
Jardín persa *Bagh-e Shahzadeh* en Mahan. (Khansari, Moghtader y Yavari 2004, 16).

En tal región no ha aflorado nunca agua a la superficie, pero, incluso en la parte desértica, hay muchos canales subterráneos con sus pozos… en los tiempos en que los persas dominaban Asia, a los que condujeran el agua desde una fuente hasta un sitio de secano les concedían disfrutar del cultivo durante cinco generaciones (Polibio 1981, 187).

Replanteo

El constructor tradicional del *qanāt*, denominado *muhandis* o *muqannī*, está ejercitado en *Handasa* (Fahd 1971, 277, n. 2; Mazaheri 1973, 2, n. 2). Este término está compuesto por dos palabras persas: *âb* o agua; junto a *endâz* o nivelar.

El diseño comienza con la localización del acuífero: bajo torrentes estacionales; donde abundan determinadas plantas; o bien donde, por la mañana, se observa neblina, rocío o vegetación húmeda (Smith 1953, 98–99; Cressey 1958, 30; Wulff 1966, 251–252; English 1968, 171–173; Goblot 1979, 30–33). El *muqannī* experto, tras localizar el lugar propicio, indica dónde perforar un pozo de ensayo. Los *muqannīs* topógrafos excavan un orificio hasta alcanzar el nivel freático. Durante varios días de observación se comprueba que el caudal sea suficiente y estable, para que el pozo de ensayo se convierta en el *pozo madre*. La posición de la salida depende de la profundidad del nivel freático. Para situarla, el *muqannī* experto marca la cota del agua, con un nudo en una cuerda. Esta dimensión se utiliza para determinar la trayectoria.

Para calcular el desnivel se colocan dos pértigas aplomadas, separadas unos 30 o 50 m, distancia correspondiente con los futuros pozos. A modo de nivel, entre ambas varas se tensa una soga humedecida en su centro, de donde no caen gotas cuando se encuentra horizontal. Las sucesivas diferencias de cota se añaden por orden a la cuerda de medición, desde el extremo opuesto a la profundidad del nivel freático. Una vez alcanzada esa medida se conoce la cota de salida.

Cuando el desnivel es excesivo, la velocidad de circulación del agua puede afectar a la estabilidad de la galería. Para que la pendiente se mantenga regular, la cuerda de medición se divide entre el número de pozos totales. El desnivel habitual se sitúa entre 1/1.000 y 1/1.500.

Para finalizar, los *muqannī* topógrafos excavan los pozos de replanteo, con la profundidad a respetar. La separación, unos 300 m, coincide con los intervalos entre 6 o 10 pozos.

Construcción

La cuerda de medición, con la cota de cada pozo, se entrega a un equipo de *muqannī* excavadores (Smith 1953, 98–99; Cressey 1958, 30, 36; Wulff 1966, pp. 252–254; English 1968, 174; Goblot 1979, 33–35; Safi-Nežād 1992, pp. 59–61) (figura 4).

El responsable bajo tierra establece la dirección y la pendiente de la galería. Las herramientas consisten en un pico afilado, junto con una pala corta. Para mantener la trayectoria bajo tierra, basta con dos lámparas de aceite alineadas, tras el frente de trabajo. La perforación se inicia desde la futura salida del agua. A medida que se prolonga la excavación, un ayudante utiliza una pala para rellenar un saco de cuero con unos 25 kg de residuos. Otro compañero arrastra el saco hasta la vertical del pozo, para suspenderlo de un cabestrante en superficie. Esta grúa transportable está formada por dos cruces de madera, unidas por un eje de giro en su intersección y por asideros en los extremos. La barra central se apoya sobre dos horquillas de madera, clavadas al suelo. Para subir o bajar las cargas, se empujan los asideros con un pie y ambas manos. El *muqannī* responsable de superficie remonta el saco, mientras que su ayudante protege el pozo con un anillo de piedras.

En fase de construcción, esta perforación permite: comprobar la trayectoria y la nivelación de la galería; extraer residuos; acceder a los trabajadores y sus herramientas; además de ventilar, cuando se excava la galería. Durante el funcionamiento, los pozos permi-

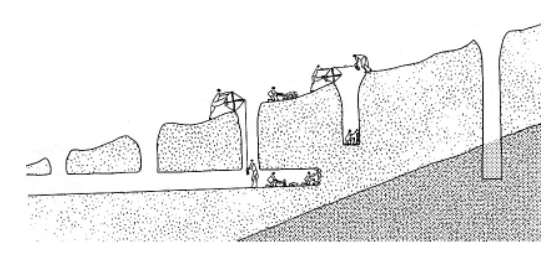


Figura 4
Proceso constructivo del *qanāt*. (Safi-Nežād 1992, 59).

ten oxigenar el agua, así como la entrada de los *muqannīs* de mantenimiento.

En terreno favorable la galería mide 1 x 1'5 m. En terreno disgregable se colocan soportes para evitar colapsos, denominados *kaval*. Consiste en un cerco acoplable de arcilla cocida, cuya forma ovalada y reducida dimensión garantizan la estabilidad (figura 5).

El peligro aumenta cuando la excavación se aproxima al *pozo madre*, ya que el agua acumulada podría arrastrar o ahogar al *muqannī*. La conexión se realiza sólo tras vaciar el *pozo madre*.

De forma tradicional, la transmisión del conocimiento técnico es oral, entre las sucesivas generaciones de una familia. Gracias a este sistema de formación, ciertas poblaciones cuentan con comunidades de *muqannīs*, lo que permite crear equipos de trabajo con rapidez.

A pesar de la complejidad y la peligrosidad de este trabajo, las herramientas son sencillas y eficaces. El ingenio y el esfuerzo físico evitan la actual dependencia de la tecnología sofisticada.

Difusión

Desde el milenio I a.C., hasta la conquista árabe en 651 d.C., los sucesivos estados persas: aqueménida, parto y sasánida, abarcan extensas áreas, en gran parte deshabitadas (Cressey 1958, 38–44; English 1968, 175–178). De forma intencionada, las autoridades impulsan la utilización del *qanāt*. El agua permite transformar el desierto en cultivos, de modo que los propios colonos garanticen la protección del territorio.

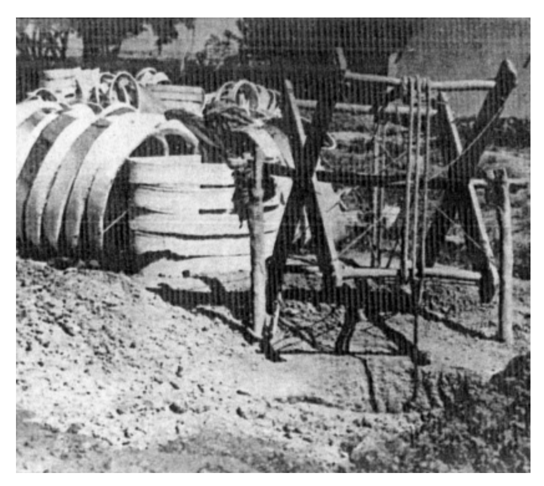


Figura 5
Soporte o *kaval* para estabilizar la galería, junto a un cabestrante. (Safi-Nežād 1992, 77).

La civilización romana descubre esta técnica en las provincias conquistadas en Oriente. El *qanāt*, además de aprovechar el agua del subsuelo, permite acortar los trayectos a través de las elevaciones. En Hispania, varias traídas de agua o *aquae ductus* incluyen galerías subterráneas, denominadas *cuniculus* en latín.

En una tercera fase, el *qanāt* se propaga a lo largo del área cultural islámica, de Persia a al-Andalus. Los modestos agricultores se sirven de este sistema, junto con otras técnicas hidráulicas sencillas, para convertir entornos estériles en un conjunto de pequeños paraísos terrenales.

En la Península Ibérica, siglos después de la llegada de *cuniculus* y *qanāts*, varios pueblos y ciudades mantienen vestigios de instalaciones; algunas, aún en uso (Hermosilla 2008). La traslación del agua por gravedad determina la cota de implantación del espacio habitado, pero además guía su crecimiento. Desde mediados del siglo XIX, la concepción hidráulica del urbanismo concluye con la generalización del suministro urbano por presión. Esta última técnica suministra un volumen de agua, sin limitaciones topográficas, que facilita el crecimiento mediante los ensanches. Sin embargo, el aparente caudal inagotable induce a la expansión ilimitada que caracteriza la ciudad actual.

Las diferentes denominaciones de esta técnica manifiestan su largo proceso de difusión: *Qanāt*, nombre actual en Irán, proviene del idioma árabe; *Karez*, término original persa, aún se mantiene en Irak, Afganistán, Pakistán, Azerbaiyán y Turkmenistán; en la península Arábiga se utilizan *ayn*, *falaj* o *aflaj*; en el Norte de África, *foggara* o *khettara* (Cressey 1958, 27; Oliver Asín [1959] 1991, 82–89; English 1968, 176–177). En la Península Ibérica, los periodos musulmán o cristiano cuentan con numerosos vocablos análogos: *maŷrà*, *almatriche*, *galería*, *lumbrera*, *caño*, *mina*, *raudal*, *canalizo*, *tajea*, *viaje de agua*… (Oliver Asín [1959] 1991, 200–201, n. 1, 370–373; Gil Meseguer, Gómez Espín 1993, 125–145; Díez Bedmar 1999; Bertrand, Sánchez Viciana 2009, 151–178; Soriano 2006, 58–67; Hermosilla 2008)

Cuniculus

La provincia romana situada en la Península Ibérica se denomina *Hispania*. Los avances tecnológicos ensayados en la metrópoli, transforman los poblados rurales en *urbis* (Fernández Casado 1983, 309). El *aquae ductus* representa las virtudes del urbanismo que se ofrece a la población autóctona. El carácter político del suministro hidráulico público se simboliza en el *arcuationes*: un tramo elevado sobre arcos, que permite superar valles.

El primer *cuniculus* documentado resuelve la captación del *aquae ductus* inicial de Mérida. Moreno de Vargas lo describe en 1663 (figura 6):

> …debajo de tierra tiene 140 arcas…en los cuales el agua se va recogiendo como en esponjas, tomándola de los manantiales profundos que por allí hay…la encañadura o acueducto que viene por debajo de tierra es de tan ancho y alto que puede muy bien ir por él una persona en pie… (Fernández Casado 1972, 126)

Sin embargo, los *aquae ductus* también utilizan otros sistemas de captación, como presas o azudes. Además, la finalidad representativa antes aludida, al elevar el costo, reduce el número de traídas construidas. Ambas razones podrían explicar los escasos hallazgos arqueológicos de *cuniculus*.

Vitrubio

A finales del siglo I a. C., el arquitecto romano redacta el tratado «De Architectura». El octavo de los diez libros se dedica al abastecimiento de agua urbano (Vitrubio [1787] 2001, 188–208). En cuanto a la localización de acuíferos subterráneos, el capítulo I propone analizar la vegetación, la configuración del terreno y la humedad retenida. Para replantear el trazado, el capítulo sexto indica tres sistemas de nivelación: «Executase ésta con las dioptras, con niveles de agua, ó con el corobate».

El capítulo I señala que el *cuniculus* de captación recoge el agua almacenada por el subsuelo: «…encontrando el manantial, se cavarán otros muchos [pozos] en el contorno, encaminado sus minas á un receptáculo comun». Asimismo, el *cuniculus* permite acortar los tramos de conducción en topografías irregulares, como refiere el capítulo VII: «Si entre la ciudad y los manantiales mediasen colinas, se minarán…Los pozos se abrirán dos actos distantes entre sí». En la nota 4, Ortíz y Sanz, traductor de la edición de 1787, precisa el uso de los orificios: «…no solo servian de respiraderos, sino para sacar la inmundicia al tiempo de limpiar los aqüeductos». Esta aclaración procede del *viaje de agua*, una técnica de suministro análoga al *qanāt*, que permite el abastecimiento de Madrid entre los siglos IX y XIX (Oliver Asín [1959] 1991; Pinto Crespo 2010) (figura 7).

En cuanto a la galería, se construye según las características del terreno:

> ...si el suelo fuere de tova ó peña, se abrirá en ella el canal; pero si fuere de tierra ó arena, se hará aqüeducto de estructura con boveda dentro de la cava, y asi se conducirá (Vitrubio [1787] 2001, 205).

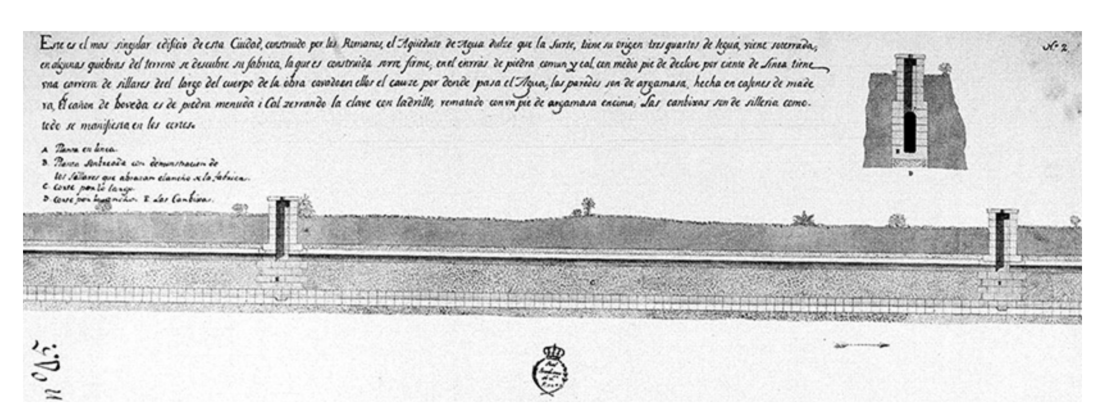


Figura 6
Cuniculus de captación del *aquae ductus* inicial de Mérida. Acuarela de Fernando Rodríguez, 1794–1797. (González Tascón, Velázquez 2004, 108).

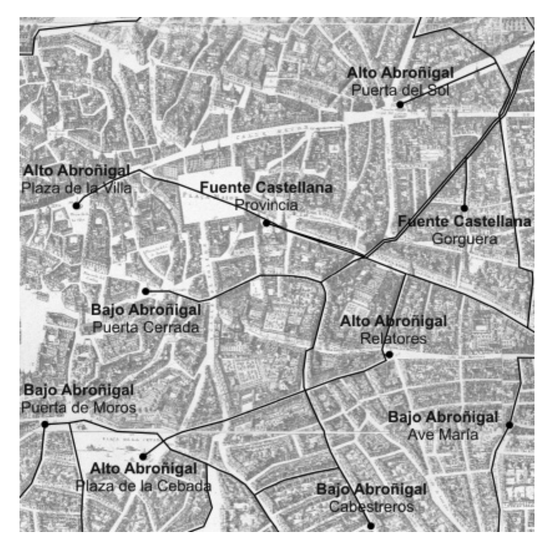


Figura 7
Viajes de agua (*qanāts*) y fuentes de Madrid, siglo XVII. (Villamayor Fernández 2017).

Vitrubio recopila buena parte del conocimiento hidráulico romano, aunque no figuren sistemas y detalles localizados en hallazgos arqueológicos. Se entiende que este capítulo resulta más útil para arquitectos e investigadores posteriores.

Tratados persas

Ibn Jaldun, historiador arabo-tunecino, reconoce la asimilación musulmana de la sabiduría vernácula: «Este pueblo [el árabe], al subyugar a los persas, tomó de ellos las artes y la arquitectura» (Ibn Jaldun [1378–1382] 1977, 634). La apropiación se manifiesta en edificios y jardines, así como en los textos técnicos.

En 903, el arabo-irakí Ibn Waḥšiyya, redacta el primer Tratado Hidráulico conocido: «Agricultura Nabatea», basado en manuscritos locales (Fahd 1971, 277–326). Los textos, datados entre los siglos III y IV d.C., proceden de una comunidad agrícola cercana a Babilonia, entonces bajo dominio sasánida. Ibn Waḥšiyya recopila los conocimientos hidráulicos, con la intención de difundirlos y perfeccionarlos. Sin embargo, el Tratado tiene carencias e imprecisiones, como demuestra la enigmática referencia al *qanāt*:

Para conducir el agua de las montañas o de las mesetas a una planicie hay que hacer canalizaciones subterráneas [desde el manantial] hasta el lugar donde se desea que aparezca. Las canalizaciones se hacen de la siguiente manera: el geómetra [muhandis] utiliza una larga cuerda que tiende recta sobre la tierra, después otra que tiende paralela a la primera. Después marca el suelo siguiendo estas dos líneas; la anchura del espacio que las separa es la del túnel que se desea excavar (Fahd 1971, 299–300).

Un siglo después, en 1017, el matemático arabo-persa al-Karagi escribe el primer tratado monográfico conocido sobre el *qanāt*: «La explotación de las aguas subterráneas» (al-Karagi [1017] 1973, 51–126). En el prefacio, declara su intención:

> ...y me dispuse...a componer este tratado...después de haberme dado cuenta de que las pocas obras de los Antiguos no responden en este momento a la finalidad propuesta y están muy lejos de abarcar todo el tema (al-Karagi [1017] 1973, 52).

El calificativo *antiguo* se corresponde con prácticas de *muqannīs* sasánidas, que en ocasiones pretende corregir. El Tratado incluye parte de las tareas necesarias, aunque no todas: localización de acuíferos; calidad y purificación del agua; caños y uniones; acequias; dimensiones, trazado y pendiente de la galería; finaliza con el mantenimiento.

Los capítulos XXI a XXIV refieren seis niveles, más sofisticados que el persa antes descrito. Al-Karagi comienza con la descripción de tres instrumentos sasánidas, que funcionan por gravedad. El segundo dispone una plancha triangular de cobre o madera, sobre la que:

> …se trazará la altura del triángulo, y donde la altura alcanza la base, se hará un pequeño orificio, donde se fijará un pequeño péndulo unido a un plomo (al-Karagi [1017] 1973, 89) (figura 8).

El matemático añade otros tres niveles de su invención, junto con sus demostraciones trigonométricas. La base sexagesimal, que pauta la medición, permite fracciones enteras, a diferencia de la decimal.

La extensión de esta parte, casi la mitad del Tratado, demuestra que el principal interés se encuentra en la precisión. Sin embargo, los sistemas de replanteo y construcción antes citados prescinden, tanto de las correcciones, como de los niveles propuestos. El fra-

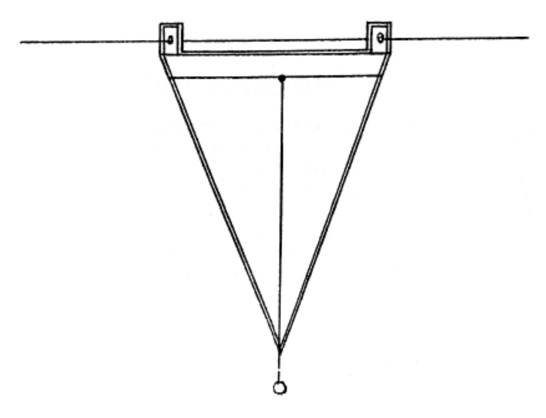


Figura 8
Segundo nivel sasánida representado por al-Karagi. (Al-Karagi, [1017] 1973, 89).

caso de al-Karagi confirma que el aprendizaje no es teórico, sino que se adquiere de forma oral y por experiencia directa. En realidad, pocos *muqannīs* saben leer y menos aún en árabe, la lengua culta (Goblot 1979, 77). De hecho, la redacción en este idioma limita la difusión a la élite científica.

Al-Andalus

El periodo andalusí de la Península Ibérica se beneficia de los conocimientos hidráulicos importados por los musulmanes. La carencia de agua, endémica entre las tribus árabes, contrasta con la potencial fertilidad del territorio que encuentran. La domesticación de la naturaleza transforma el entorno agreste en paisaje productivo. La aplicación intensiva de la tecnología hidráulica facilita una producción extraordinaria, como señala un visir de Granada:

> Sus contornos no están desnudos de viñas y huertas, sino más bien al contrario, abundan en extremo. Y en cuanto a lo que hay en el interior de su recinto, es de gran importancia y valor de modo que hace empequeñecer el corazón de los enemigos del reino, a causa de su alto rendimiento, pues se recogen en un solo año mil monedas de oro, llenando las tiendas de su verdura fresca, sus excelentes frutas y sus frutos escogidos... (Rubiera Mata 1988, 141)

En consecuencia, las autoridades promueven la agricultura, por su beneficio económico y político:

> ...es preciso que el rey ordene a sus visires y a los personajes poderosos de su capital que tengan explotaciones agrícolas personales...pues así aumentarán fortunas; el pueblo tendrá mayores facilidades para aprovisionarse y no pasar hambre... (Ibn ‘Abdún 1948, 42–43)

La construcción de espacios hidráulicos, aptos para el cultivo, deriva de la importación desde Oriente de especies vegetales, junto con las técnicas de irrigación precisas para su aclimatación (Bolens 1972, 69–71; Martí 1989, 424–427; Fahd 1996, 47–49).

Pequeña hidráulica

Gracias al riego, las huertas productivas colonizan territorios antes estériles. El caudal disponible, además de la derivación de cursos superficiales, también depende del agua retenida bajo el nivel freático. Las operaciones de localización, extracción, conducción y elevación integran una pequeña hidráulica formada por: *qanāts*, pozos, norias de sangre, acequias, albercas... (Bolens 1994, 177–182) (figura 9).

La comunidad se encarga del diseño y de la construcción del área irrigada, además de su mantenimiento y gestión (Barceló 1995b, 240). Los agricultores recopilan y aplican las técnicas asociadas: instrumentos de nivelación, obtención de agua, bancales, aclimatación de especies, aperos de labranza... (Barceló 1995a, 30; Martí 1989, 433–434). Como condición necesaria, estos sistemas deben ser fáciles de manipular, construir y reparar, en concordancia con la dimensión modesta de sus cultivos.

De entre los métodos de abastecimiento, destaca el *qanāt* por su interés técnico. Dos documentos testi-

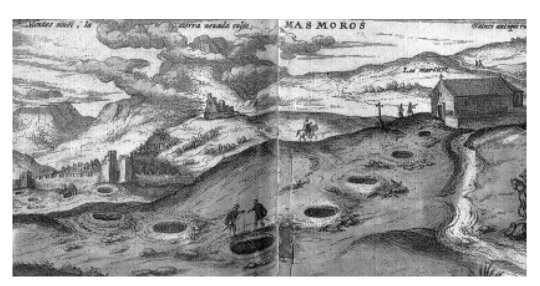


Figura 9
Característica alineación de los pozos de un *qanāt* en Sierra Nevada, 1554. (Hoefnagel 1996).

monian su temprana implantación: en 753–754, al suroeste de Córdoba (Barceló 1983, 8–9); así como en Alanje (Badajoz), en 873–874 (Samsó 1980, 495–496). Otras investigaciones demuestran la extensa aplicación del *qanāt*, tanto durante el periodo andalusí, como en los reinos cristianos posteriores: Madrid (Oliver Asín [1959] 1991); Mallorca (Barceló et al. 1986); Murcia (Gil Meseguer, Gómez Espín 1993, 125–145); Jaén (Díez Bedmar 1999); Guadix y Baza (Bertrand, Sánchez Viciana 2009, 151–178); Pamplona (Mujika, Villamayor 2008; Villamayor 2011)... (figura 10)



Figura 10
Principales tramos subterráneos y aéreos del *qanāt* de Pamplona, 1782–1800. (Villamayor Fernández 2017)

Agronomía

Entre los siglos XI y XIV, los agrónomos andalusíes publican gran número de tratados de agronomía: Al-Zahrāwī, ¿1009? (Fahd 1996, 47); Ibn Wāfid, 1068 (Millás Vallicrosa 1943, 281–332); Ibn Ḥaŷŷaŷ, 1074 (Carabaza Bravo 2006, 73–94); Abū l-Jayr, s. XI (Abū l-Jayr 1991); Ibn Baṣṣāl, ¿1074–1085? (Millás Vallicrosa 1948, 347–430); al-Ṭignarī, 1107–1110 (al-Ṭignarī 2006); al-ʻAwwām, XIII (al-ʻAwwām 1802); Ibn Luyūn, 1348 (Ibn Luyūn 1988). La erudición de los textos se manifiesta en las referencias bibliográficas, tanto de autores clásicos, como de la «Agricultura Nabatea» (Fahd 1996, 47–50).

Los agrónomos completan su formación mediante el cultivo de huertos cedidos por mecenas ilustres en: Córdoba, Toledo, Almería o Sevilla. Como los parques botánicos actuales, estos vergeles reúnen espíritu científico y placer sensorial. Ben Said menciona una costumbre saludable:

> ...los jardines de recreo y uso público en que los habitantes de Córdoba pasaban sus horas de ocio o que por ellos eran visitados en busca de descanso y placer (Sánchez-Albornoz 1973, T.1, 441).

Esta agronomía intensa y minuciosa no persigue una producción creciente, sino sostenida, acorde con los criterios ecológicos actuales. Los cálculos incluidos en los tratados se refieren a criterios técnicos, no al beneficio económico. La clasificación racional de especies y procedimientos, junto al conocimiento empírico de los agrónomos, expresan el carácter didáctico de los Tratados. La continuidad de los cultivos, sin agotamiento del suelo, demuestra que la simbiosis entre habitante y entorno es posible (Bolens 1994, 237–239).

Conclusión

La implantación del *qanāt* en al-Andalus sigue dos procesos: el teórico y el práctico.

En primer lugar, los tratados andalusíes de al-ʻAwwām e Ibn Luyūn aluden a un nivel que funciona por gravedad:

> Éste consiste en un triángulo de madera que en su parte media tiene un trazo por donde corre un hilo que lleva en su extremo un peso.
>
> Si el hilo del peso coincide con ese trazo inferior del murŷīqal, y con el extremo del mismo que apunta al suelo, la tierra comprendida entre los dos palos está nivelada (Ibn Luyūn 1988, 204–205).

Este instrumento, el *murŷīqal*, es similar al segundo nivel sasánida descrito por al-Karagi. Esta coincidencia deriva de la consulta directa del «Tratado de las Aguas Subterráneas», redactado en árabe y dirigido a la élite científica islámica (Goblot 1979, 32, n. 14). Los agrónomos adquieren su conocimiento teórico, no sólo de la práctica y la observación, sino también de la consulta de al-Karagi (figura 11).

En segundo lugar, el *qanāt* no figura en los tratados andalusíes citados, pese a que su implantación sea significativa. Los agrónomos consultan la «Agricultura Nabatea», pero se limitan a extraer las técnicas hidráulicas adecuadas para los agricultores (Fahd 1996, 47–50; Martí 1986, 58–59). La documentación referida al constructor del *qanāt*, el *muhandis*, sólo cuenta con dos referencias: el cordobés Ibn al-Samḥ

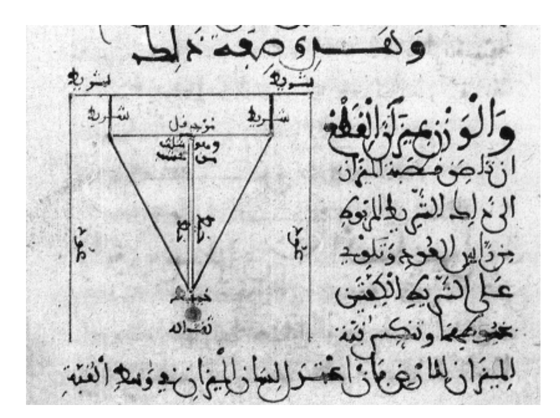


Figura 11
El *murŷīqal*, primero de los cuatro niveles descritos por Ibn Luyūn. (Ibn Luyūn 1988, 33).

explica el funcionamiento del astrolabio (Ibn al-Samḥ 1986, 102, 152–153); según el historiador al-Idrīsī, el andalusí Ibn Yūnus diseña el suministro de Marrakech (Oliver Asín [1959] 1991, 87; Barceló 1983, 3). Por desgracia, estos textos tampoco describen la construcción. Ahora bien, los Tratados Agronómicos se redactan entre los siglos XI y XIV, mientras que los primeros *qanāts* se documentan en los siglos VIII y IX. Por tanto, la transmisión de esta técnica se produce de forma anónima, mediante su construcción por los propios *muhandis*.

En consecuencia, la difusión del *qanāt* a al-Andalus sigue dos vías diferentes. La teórica, relacionada con la élite intelectual, se produce a través del Tratado de al-Karagi, del que sólo consta un nivel. El empírico concierne al *muhandis*, cuya sabiduría hidráulica, transmitida de forma oral y práctica, proviene de la prolongada experiencia comunitaria.

Lista de referencias

Abū l'Jayr Al Isbili. 1991. *Kitāb al-Filaḥā*. trad. Julia María Carabaza Bravo. Madrid: Agencia Española de Cooperación Internacional.

al-Karagi, Mohammad. [1017] 1973. *La civilisation des eaux cachées. Traité de l'éxploitation des eaux souterraines (composé en 1017)*. trad. y com. Aly Mazaheri. Nice: Université de Nice.

al-Ṭignarī, Muhammad b. Malik. 2006. *Kitab zuhrat al-bustan wa-nuzhat al-adhan: Esplendor del jardin y recreo de las mentes*. ed. Expiración García Sánchez. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Argemí Relat, Mercè et al. 1995, 181. «Glosario de términos hidráulicos». En *El agua en la agricultura de Al-Andalus*: 163–185. Barcelona: Lunwerg.

Barceló, Miquel. 1995a. «De la Congruencia y la Homogeneidad de los espacios hidráulicos en Al-Andalus». En *El agua en la agricultura de Al-Andalus*: 25-39. Barcelona: Lunwerg.

Barceló, Miquel. 1983. «*Qanāt(s)* a al-Andalus». En *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 2, 3-22. Barcelona: UAB.

Barceló, Miquel. 1995-b. «Saber lo que es un espacio hidráulico y lo que no es o al-Andalus y los feudales». En *El agua. Mitos, ritos y realidades*: 240–254. Granada: Anthropos.

Barceló, Miquel et al. 1986. *Les aigües cercades. Els qanāt(s) de l'illa de Mallorca*. Palma de Mallorca: Institut d´Estudis Baleàrics.

Beaumont, Peter. 1971. «Qanats systems in Iran». En *Bulletin of International Association of Scientific Hydrology*, XVI, 1: 39–50.

Beaumont, Peter. 1989. «The qanat: a means of water provision from groundwater sources». En *Qanat, kariz and khattara: traditional water systems in the Middle East and North Africa*: 13–31. London: Middle East Center; Cambridge: Middle East and African Studies Press.

Beazley, Elisabeth; Michael Harverson. 1982. *Living with the desert. Working buildings of the Iranian plateau*. Teddington House, Warminster, Wilts, England: Aris & Phillips Ltd.

Bertrand, Maryelle; José R. Sánchez Viciana. 2009. «Canalizos y tajeas, dos sistemas de captación de agua mediante galerías subterráneas en las altiplanicies granadinas. Andalucía Oriental». En *Arqueología y Territorio Medieval*, 16: 151–178. Jaén: Universidad de Jaén.

Bolens, Lucie. 1994. *Agrónomos andaluces de la Edad Media*. Granada: Instituto de Estudios Almerienses.

Bolens, Lucie. 1972. «L'eau et l'irrigation d'après les traités d'agronomie andalous au moyen-âge (XI[e]–XII[e] siècles)». En *L'aménagement des eaux. Options Méditerranéennes*, 16: 65–77. Paris: CIHEAM.

Carabaza Bravo, Julia María. 2006. «Fuentes escritas y orales del tratado agrícola de Ibn Ḥaŷŷaŷ». En *El saber en al-Andalus. Textos y estudios* 4: 73–94. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Cressey, Georges B. 1958. «Qanats, karez, and foggaras». En *Geographical Review*, 48 (1): 27–44. American Geographical Society.

Díez Bedmar, Mª del Consuelo. 1999. *El raudal de la Magdalena y el crecimiento urbano de Jaén*. Jaén: Ayuntamiento de Jaén.

English, Paul Ward. 1968. «The origin and spread of qanats in the old world». En *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112 (3): 170–181.

Fahd, Toufic. 1996. «L'agriculture nabatéenne en Andalousie». En *Ciencias de la naturaleza en al-Andalus. Textos y estudios* 4: 41–52. Granada: CSIC.

Fahd, Toufic. 1971. «Un traité des eaux dans *al-Filāḥa n-nabaṭiyya* (Hydrogéologie, Hydraulique Agricole, Hydrologie)». En *Atti del convegno internazionale sul tema: La Persia nel medievo*: 277–326. Roma: Accademia nazionale dei lincei.

Fernández Casado, Carlos. 1972. *Acueductos romanos en España*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

Fernández Casado, Carlos. 1983. *Ingeniería hidráulica romana*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Gil Meseguer, Encarnación; José Mª Gómez Espín. 1993. «Galerías con lumbreras en el Sureste de España». En *Papeles de Geografía*, (19): 125–145. Murcia: Universidad de Murcia.

Goblot, Henri. 1979. *Les qanats. Une technique d'adquisition de l'eau*. Mouton, École des Hautes Études en Sciences Sociales.

González Tascón, Ignacio; Isabel Velázquez. 2004. *Ingeniería romana en Hispania: historia y técnicas constructivas*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano.

Hermosilla Pla, Jorge. 2008. *Las galerías drenantes en España. Análisis y selección de qanat(s)*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Hoefnagel, Georg. 1996. *Illustriorum Hispaniae urbium tabulae, Theatrum Hispaniae urbes, Civitates orbis terrarium*. edit. Georg Braun y Frans Hogenberg. Barcelona: Ebrisa.

Ibn 'Abdún, Muhammad b. Ahmad. 1948. *Sevilla a comienzos del siglo XII: el Tratado de Ibn 'Abdún*. eds. Emilio García Gómez, E. Lévi-Provençal. Madrid: Impreso Moneda y Crédito.

Ibn al-'Awwam, Yahyà b. Muhammad. 1802. *Kitab al-Filaha, Libro de Agricultura*. trad. y not. Josef Antonio Banqueri, Madrid: Imprenta Real.

Ibn al-Samḥ. 1986. *El kitab al-'amal bi-l-asturlāb, (llibre de l'us de l'astrolab d'Ibn al-Samḥ*). est. y trad. Mercè Viladrich i Grau. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.

Ibn Jaldún. [1378–1382] 1977. *Introducción a la Historia Universal (Al-Muqddimah)*. Estudio preliminar Elías Trabulse. México: Fondo de Cultura Económica.

Ibn Luyūn. 1988. *Tratado de agricultura*. ed. y trad. Joaquina Eguaras Ibáñez. Granada: Patronato de la Alhambra.

Khansari, Mehdi; M. Reza Moghtader; Minouch Yavari. 2004. *The Persian Garden: Echoes of Paradise.* Washington D.C.: Mage Publishers

Martí, Ramón. 1986. «La tradició oriental de la irrigació a al-Andalus: les tècniques de construcció dels *qanāt*(s) de Mayurqa». En *Les aigües cercades. Els qanāt(s) de l´illa de Mallorca*: 53–69. Palma de Mallorca: Institut d´Estudis Baleàrics.

Martí, Ramón. 1989. «Oriente y Occidente en las tradiciones hidráulicas medievales». En *El agua en zonas áridas, arqueología e historia: actas del I Coloquio de Historia y Medio Físico*: 421–440. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

Mazaheri, Aly. 1973. «Première partie». En *La civilisation des eaux cachées. Traité de l'éxploitation des eaux souterraines (composé en 1017)*: 3–50: 127–183. Nice: Université de Nice.

Millás Vallicrosa, José María. 1948. «La traducción castellana del *Tratado de Agricultura* de Ibn Baṣṣāl». En *Al-Andalus*, XIII-2: 347–430. Madrid: CSIC.

Millás Vallicrosa, José María. 281–332. «La traducción castellana del *Tratado de Agricultura* de Ibn Wāfid: 281–332». En *Al-Andalus*, VIII-2, Madrid: CSIC.

Mujika, Marte; Roberto Villamayor. 2007. *JAI TEK tecnología feliz*. Donostia-San Sebastián: EHU-UPV.

Mujika Urteaga, Marte; Roberto Villamayor Fernández. 2008. *Un viaje de agua de Subiza a Pamplona*. Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU.

Oliver Asín, Jaime. [1959] 1991. *Historia del nombre «Madrid»*. Madrid: Agencia Española de Cooperación Internacional.

Petruccioli, Attilio. [1985] 1990. *Dar al-Islam.* Liège, Bruxelles: Mardaga.

Pinto Crespo, Virgilio. 2010. *Los viajes de agua de Madrid, durante el Antiguo Régimen*. Madrid: Fundación Canal.

Polibio, *Historias*. 1981. Madrid: Gredos.

Rubiera Mata, María Jesús. 1988. *La arquitectura en la literatura árabe: datos para una estética del placer*, Madrid: Hiparión.

Safi-Nežād, Javād. 1992. «De la Pierre à l'eau. Nouvelles observations sur les *qanāt* d'Iran». En *Les eaux cachées. Études géographiques sur les galeries drainantes souterraines*: 57–78. Paris: Département de Géographie, Université Paris-Sorbonne.

Samsó Moya, Julio. 1980. Reseña: Goblot (Henri), «Les Qanats. Une technique d'adquisition de l'eau: 494–497». En *Al-Qantara*, nº I-2.

Sánchez-Albornoz, Claudio. 1973. *La España musulmana*, T. I. Madrid: Espasa-Calpe.

Smith, Anthony. 1953. *Blind White Fish in Persia*. New York: E. P. Dutton & CO.

Soriano Alfaro, Vicent. 2006. *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. El oasis de Skoura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Villamayor Fernández, Roberto. 2011. *Gravedad o Presión. Proyecto de conducción de agua y fuentes de Pamplona*. Gobierno de Navarra.

Vitrubio, Marco Vitrubio Polión. [1787] 2001. *Los Diez Libros de Arquitectura*. trad. y com. Joseph Ortíz y Sanz. (facs. Madrid: Akal).

Wulff, Hans E. 1966. *The Traditional Crafts of Persia. Their Development, Technology, and Influence on Eastern and Western Civilisations*. Cambridge, Massachusetts, and London: Massachusetts Institute of Technology.

El puente Doménico Parma (Colombia): adaptación de innovaciones en procesos constructivos de estructuras de cables

Camilo Villate Matiz

Doménico Parma Marré nació en Chiavari, Italia, en 1920. Se formó como ingeniero civil en la Universidad de Génova donde obtuvo su licenciatura en 1945; un año más tarde emigró a Colombia en compañía de su esposa. Ya en Bogotá, se desempeñó como ingeniero jefe de la división encargada de la revisión de planos estructurales para el municipio de Bogotá desde 1947 y en 1949 se vinculó a la firma «Cuéllar, Serrano & Gómez - CUSEGO», en donde dirigió la oficina de cálculo estructural (Varini 2004). Desde esta importante empresa constructora, Parma desarrolló el sistema de construcción de forjados denominado «reticular celulado» o «RetCel» con el que se construyeron numerosas edificaciones en el país por un lapso de 50 años (Vargas 2012, Cortés y Primmer 2013). De esta etapa laboral se destacan varios proyectos para edificios en altura: hospital San Juan de Dios [1949–50], Hotel Tequendama [1951–52], Centro Urbano Antonio Nariño [1952], hospital San Pedro Claver [1955] y edificio Ecopetrol [1957], todos ellos en Bogotá. De otra escala, pero igualmente paradigmáticos, son sus diseños estructurales para la urbanización La Soledad [1952] y el aeropuerto internacional Eldorado [1959].

A partir de 1962 estableció su propia firma: «Doménico Parma Asociados Ltda. Ingenieros Consultores» a la cual se vincularon sus compatriotas Giorgio Sivori [ingeniero] y Camilo Zorio [dibujante]. Desde su propio despacho estableció fructíferas relaciones con importantes empresas constructoras colombianas entre las que se contaron «Esguerra, Sáenz, Urdaneta & Samper», «Pizano, Pradilla & Caro» y «Obregón & Valenzuela», aunque sin llegar a descuidar sus fuertes vínculos con «CUSEGO» (Vargas 2008). De este período son reconocidos los cálculos estructurales realizados para varios edificios (Villate 2008): sede del Banco Central Hipotecario [1962–64], Avianca [1965], Torre Davivienda [1965], Residencias El Parque [1965], Seguros Tequendama [1967] y Telecom [1972], a los que se sumaron los que hiciera para el traslado del edificio Cudecom [1973–74], este último reseñado por Páez (1975).

En el ámbito internacional fue reconocido por tres de sus patentes: «Machine for making precast concrete products» [Nº 3196513 de 1963], «System for post-stressing concrete slabs, beams or other structures» [Nº 3422586 de 1969] y «Machine for making metal tubes» [Nº 3606779 de 1969], todas ellas registradas en Estados Unidos (Mayor 2005). Adicionalmente, fue miembro suplente en el «American Concrete Institute» y conferencista invitado en universidades de Estados Unidos y América Latina.

Además de adelantar los cálculos estructurales para numerosos edificios, Doménico Parma también lo hizo para puentes de hormigón, entre los que se destacan el de Cambao sobre el río Magdalena [en servicio desde 1986], el puente sobre el río Chinchiná [en servicio desde 1991] y el puente de Anacaro, sobre el río Cauca [en servicio también desde 1991], estos dos últimos para la firma «Conconcreto». A lo anterior se suma su participación en el equipo a cargo de la construcción del puente «Alfonso López Pu-

marejo», sobre el río Magdalena, en cercanías de Barranquilla, diseñado por Ricardo Morandi [en servicio desde 1974] el cual estaba compuesto por un sistema de 26 luces típicas simplemente apoyadas y un tramo principal continuo de tres luces [96,5 m – 140 m y 69,5 m] que se resolvía mediante sendas vigas de sección en «I», pretensadas y prefabricadas.

A su fallecimiento en Bogotá en 1989 –y cuando estaba al frente de la supervisión de la construcción del puente del río Chinchiná, bautizado póstumamente con su nombre como reconocimiento a su trabajo-, Parma sumaba casi 1600 proyectos desarrollados en Colombia y ocho países más [Ecuador, Venezuela y México, entre otros] de los cuales unos 1400 correspondían a cálculos de estructuras civiles, 68 puentes, 20 grúas, 23 máquinas de diversa índole al servicio de la construcción, 17 plantas industriales, 2 libros (Parma 1955; Parma 1976) y 13 estudios teórico experimentales.

El puente sobre el río Chinchiná: génesis del proyecto

En noviembre de 1985 la erupción del volcán Nevado del Ruiz generó una fuerte avalancha que, tomando el curso del río Chinchiná –entre otros–, destruyó a su paso el puente construido sobre él y que hacía parte de la principal vía de comunicación entre las ciudades de Pereira y Manizales. Rápidamente el Ministerio de Obras Públicas convocó una licitación a la que presentaron sus propuestas cuatro firmas, siendo adjudicada la obra a «Conconcreto» con la cual Parma ya había tenido algunas experiencias profesionales previas.

Las tareas de diseño empezaron en enero de 1986 con una visita al sitio en la que fue posible reconocer las dificultades que representaba el perfil geográfico del lugar escogido para un nuevo puente, así como las complejas condiciones naturales y climáticas del entorno. Adicionalmente, el estudio de suelos advertía de la presencia de escorrentías de agua a escasa profundidad y bajas consistencias superficiales propias de terrenos sedimentarios, por lo que se recomendaban sistemas de cimentación profundos capaces de llegar 22 m por debajo del nivel previsible para otros más convencionales (Orozco 1986).

En marzo de ese mismo año, Doménico Parma contaba ya con cuatro anteproyectos del puente que presentó a la firma «Conconcreto», y aunque no es posible precisar el orden en que cada uno de ellos fue elaborado, sí es fácil advertir que todos respondían a un proceso de búsqueda formal y constructiva en procura de minimizar los costos y reducir al máximo el número de pilas sobre un terreno de difíciles condiciones geotécnicas. Así, la primera propuesta se desarrollaba en torno a una solución que combinaba un arco metálico de 120 m de luz que salvaba el cauce del río y sus orillas inundables, con un conjunto de tres pilas que soportaban igual número de tramos rectos resueltos a partir del uso de vigas de hormigón tanto en voladizo –de 5,5 m a cada lado con respecto al eje del apoyo–, como simplemente apoyadas, de 35 m cada una (figura 1).

Una segunda propuesta (figura 2) concebía un sistema de dos voladizos balanceados con viga tipo cajón de 50 m de longitud cada uno, que arrancaban desde una torre central y en cuyos extremos libres se apoyaban sendos tramos suspendidos.

Un tercer anteproyecto se orientaba hacia la idea de la estructura colgante con mástil único que se situaba en uno de los extremos del puente de tal manera que en la orilla opuesta las catenarias aparecían ancladas directamente en la roca del talud existente, en una clara manera de conservar la economía de las obras y aprovechar al máximo las condiciones del lugar (figura 3).

Finalmente, el último de los anteproyectos firmado por Parma en marzo de 1986, deja ver una interesan-

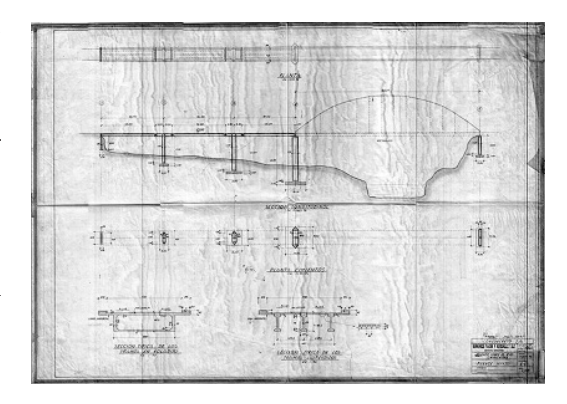


Figura 1
Anteproyecto de solución convencional con tramos rectos apoyados y arco metálico de gran luz. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

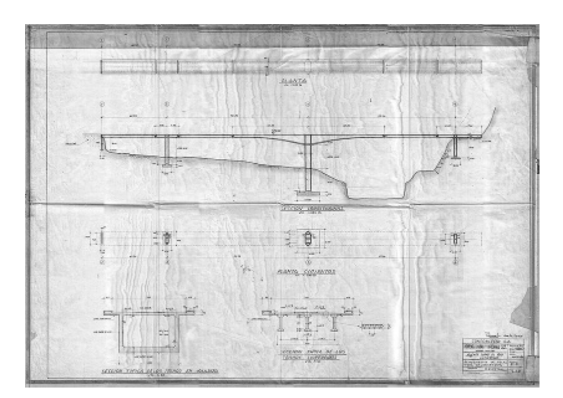


Figura 2
Anteproyecto de voladizos balanceados. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

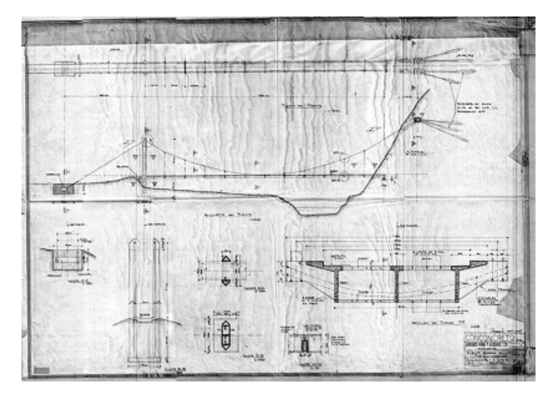


Figura 3
Anteproyecto de puente tipo colgante con mástil único en un extremo y anclaje opuesto en roca. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

te solución formal y constructiva, síntesis de las anteriores: un mástil único de 60 m de altura situado en el centro del claro que soporta mediante un par de catenarias dos tramos de calzada, una a cada lado y de 120 m de longitud cada una. El mástil –que soporta el 85% de las cargas muertas–, mantiene una sección hexagonal desde sus cimientos hasta el punto de encuentro con el tablero para convertirse desde allí en dos potentes pilares de planta triangular hueca de 35 m de altura sin ningún tipo de arrostramiento, adoptando la forma de un diapasón.

En lo más alto de estos pilares se ubica el galápago sobre el cual pasan las catenarias, de tal manera que sus extremos opuestos quedan empotrados en los macizos situados en cada orilla del río. De cada una de las catenarias se sujetan 10 pendolones que soportan igual número de vigas transversales, separadas entre sí por una distancia de 20,85 m. Sobre estas vigas, en sentido longitudinal, se apoyan vigas pos-tensadas de hormigón en forma de «I» que conjuntamente forman una calzada continua de casi 250 m de largo y 9 m de ancho. Se trataba de una solución atrevida para el país, en el que hasta entonces nunca se había levantado una estructura similar.

Pero además del mástil único, un detalle particular convertía esta propuesta en algo singular: en la mitad de cada tramo próxima al mástil, el tablero colgaba convencionalmente de las catenarias mediante pendolones a tracción, pero en la segunda mitad próxima a cada aproche, las catenarias pasaban por debajo del tablero de tal manera que los pendolones asumían esfuerzos de compresión y los torones entraban a los macizos de anclaje con inclinación invertida, es decir, de abajo hacia arriba. El hecho de que el tablero quedase claramente confinado entre las catenarias sujetas al juego de vigas transversales, seguramente reducía el rango de oscilaciones y permitía prescindir de sistemas de contravientos. En el margen superior derecho del plano, una nota resumía las características del proceso constructivo que debía ser desarrollado (figura 4).

El puente sobre el río Chinchiná que finalmente diseñará Doménico Parma en noviembre de 1986 adopta con gran fidelidad la última de sus propuestas

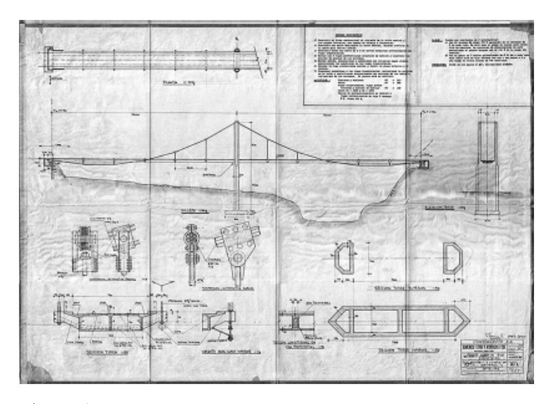


Figura 4
Anteproyecto con la solución finalmente adoptada. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

en la que solo se ajustan algunos aspectos de orden dimensional.

Desde el punto de vista mecánico, el puente quedaba integrado por dos sistemas independientes pero que interactuaban entre sí, por lo que ambos presentan compatibilidad de deformación. Los dos sistemas fueron denominados por Parma como «sistema pórtico» y «sistema catenaria» (figura 5). El primero estaba conformado por la torre central y las vigas de rigidez longitudinales, cumpliendo las siguientes condiciones: [a] se consideraba un apoyo empotrado en el punto «C», [b] se consideraban apoyos simples en «A» y «B» con movimiento restringido en sentido vertical, [c] existía continuidad estructural entre todos los miembros en el punto «D», [d] se contemplaba la existencia de cargas horizontales en «A» o en «E», [e] se contemplaban cargas verticales en un punto cualquiera de la luz izquierda, y [f] se tenían dos claros de igual luz «S». Por su parte, el sistema «catenaria» estaba formado por la propia catenaria más los 10 pares de pendolones en suspensión.

El cálculo estructural se desarrolló a partir del marco normativo de la AASHTO de 1997 con especial consideración a los aspectos sísmicos dadas las condiciones de la región y del país. Además, se contó con la ayuda de cuatro programas informáticos: «CATE» que suministraba la geometría de la catenaria en función de la longitud de los segmentos, las cargas en los nudos, el claro y la diferencia de nivel entre anclajes; «DEF» que suministraba las deformaciones en todos los puntos críticos del pórtico sin las catenarias; «GEO» que suministraba las nuevas coordenadas de los nudos después de haber ocurrido las deformaciones) y «CHINA» por el cual se determinaba el cálculo general integrando las condiciones extremas como podía ser el corte de un pendolón. Fue muy probablemente la primera ocasión en Colombia donde una estructura se calculaba con ayuda de herramientas computacionales.

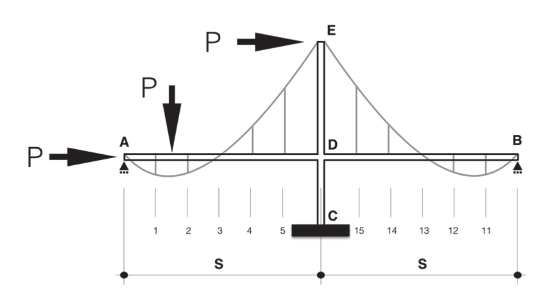


Figura 5
Abstracción de los dos sistemas estructurales del puente. En negro, el «sistema pórtico» y en gris el «sistema catenaria». Fuente: elaboración propia.

En este proyecto, Doménico Parma será mucho más que un simple diseñador. Desde sus inicios él siguió de cerca el desarrollo de los trabajos de construcción y se involucró con la solución de detalles que debían ser resueltos durante los meses en que le fue posible acompañar las obras, dado su fallecimiento poco tiempo antes de su inauguración en 1991.

Etapas de la construcción del puente

Las obras empezaron a mediados del año 1987 con la demolición de un conjunto de viviendas situadas en una zona que quedaría bajo el tablero del puente y que continuaba en permanente amenaza ante las crecientes del río. Una vez liberada el área y construida en sus inmediaciones una planta para la elaboración de los prefabricados de hormigón, se organizaron las obras del puente conforme a cinco etapas claramente definidas por Parma. Cada una de ellas está explicada en detalle en las Memorias de cálculo conservadas en el «Archivo Parma» de la Universidad de los Andes en Bogotá.

La etapa 1 comprendía la construcción de la sub estructura y los macizos de anclaje. La cimentación de la pila central estaba formada por una zapata única situada a 10 m por debajo del nivel de la superficie existente; bajo ella se fundieron –por el sistema de anillos en concreto–, 9 *caissons* con longitudes cercanas a los 15 m de profundidad en los que también se consideró la existencia de empujes horizontales producidos por la erosión de los suelos sedimentarios propios del lugar.

La etapa 2 correspondía a la construcción de los estribos, levantados también sobre pilotes. El estribo de la margen izquierda se apoyó sobre dos *caissons* verticales de 18,5 m de altura y 3 m de diámetro; el de la margen derecha se apoyó también en un par de c*aissons* pero fundidos estos de tal manera que su eje formaba un ángulo de 45º con respecto a la horizontal. Se recomendaba aquí que los cables dispuestos entre estribos y macizos debían ser tensionados después de que el hormigón alcanzara

su resistencia máxima al cabo de 28 días y en ningún caso antes de que la catenaria hubiese sido colocada.

En la etapa 3 estaba prevista la erección de la torre, llevada a cabo por métodos convencionales mediante la técnica de encofrado deslizante llamada en el lugar «formaleta trepadora» (figura 6).

Para la etapa 4 se consideraba la colocación de la catenaria de tal manera que los 112 torones de ½” de acero de alta resistencia que la conformaban fueron previamente marcados, antes de ser situados en el vértice de la torre y fijados en los estribos; esto con el fin de lograr que con el puente en carga muerta se presentara verticalidad entre la abrazadera de la catenaria y el centro de la viga transversal correspondiente. A fin de adelantar los trabajos a lo largo de la catenaria –es decir, la colocación de abrazaderas y pendolones–, se dispuso de una plataforma deslizable diseñada por el propio Parma (figura 7). Además, pesos muertos colgaban provisionalmente de las catenarias a fin de minimizar su movimiento basculante que ponía en peligro no solo a la seguridad de los operarios sino también a la calidad de las obras. Contrariamente a las prácticas de la época, Parma usó cables producidos en Colombia por la firma «Emcocables» (Varini 2004).

La etapa 5 correspondía a la fabricación y colocación de vigas tanto transversales como longitudinales y era probablemente la más compleja de todas, en especial por la manera en que su posición final afectaba la forma misma de la catenaria y con ello todo el sistema de equilibrio del puente.

Todas las vigas fueron prefabricadas en hormigón pos-tensado. Las vigas transversales, 10 en total, tenían una longitud de 11 m y 50 cm de sección rectangular, aunque con perfil escalonado y estaban sujetas a las catenarias por un sistema de suspensión diseñado por Parma en el que se consideraron las diferencias para cuando quedaban colgadas del cable o apoyadas en él. Las vigas longitudinales fueron 36, tenían extensiones en torno a los 20,8 m y su sección era en forma de «I» con 16 cm de espesor en el alma y 62 cm de espesor en los patines; en cada uno de sus extremos estas vigas poseían una muesca a fin de facilitar su apoyo simple sobre las vigas transversales de tal manera que quedaban enfrentadas las perforaciones por donde estaba previsto que pasaran los cables para el pos-tensado (figura 8).



Figura 6
Pila central única, en proceso de ejecución. Fuente: colección particular.



Figura 7
Colocación de la catenaria y abrazaderas sobre marcas hechas de manera previa, gracias a la plataforma deslizable. Fuente: colección particular.

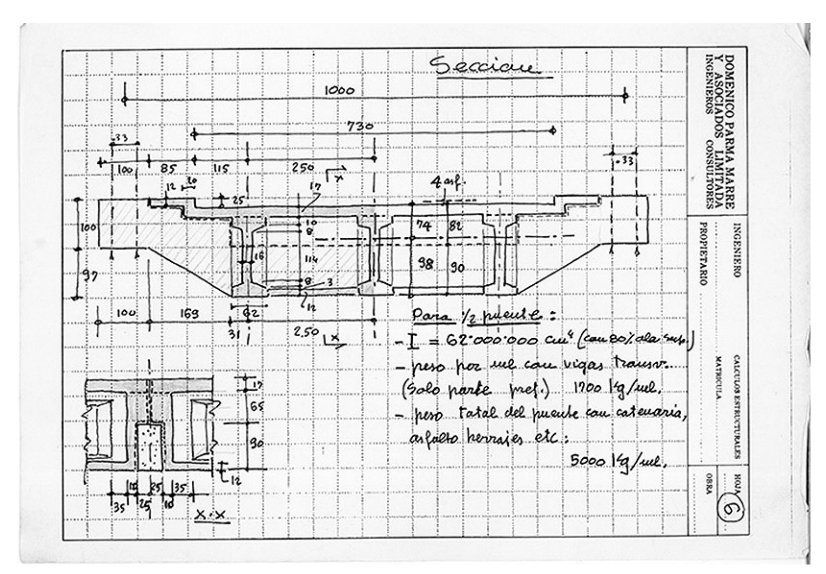


Figura 8
Detalle de las vigas transversales y longitudinales dibujadas por Parma. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

Las vigas transversales correspondientes a los ejes 3, 4, 5, 13, 14 y 15 [nomenclatura indicada en la figura 5] tenían la ventaja de disponer de estabilidad natural puesto que quedaban colgadas de la catenaria; estas fueron prefabricadas en el suelo en la vertical aproximada de su posición final, izadas mediante gatos hidráulicos y sujetadas provisionalmente a tierra mediante cables tensores a fin de evitar oscilaciones que alteraran su posición (figura 9).



Figura 9
Vigas transversales colgadas de las catenarias. Fuente: colección particular.

No ocurría lo mismo con las vigas transversales de los ejes 1, 2, 11 y 12 puesto que ellas quedarían apoyadas sobre la catenaria y solo una vez que el puente estuviera terminado, estas vigas tendrían estabilidad gracias a su monolitismo con la estructura de la calzada. Al respecto Parma diseñó con esmero los detalles correspondientes a este segundo conjunto de vigas indicando la existencia de estructuras provisionales a emplear durante la etapa de posicionado (figura 10).

Así, en la figura 10, son las columnas definitivas (pendolones metálicos) que serán articuladas al fondo de las vigas transversales en su extremo superior y articuladas a la abrazadera de la catenaria en su zona inferior. , Es una estructura metálica transversal soldada a la anterior que rigidiza entre sí las dos columnas del mismo eje en el sentido transversal del puente; además impide que ellas puedan inclinarse lateralmente bien en la operación de montaje, bien en el funcionamiento final del puente. ƒ Son los lastres aplicados sobre el conjunto formado por las dos piezas anteriores, de tipo transitorio. „ Es una estructura de tipo celosía que conecta los ejes verticales vecinos y también es de carácter transitorio. Finalmente, …,† y ‡ son mecanismos de fijación.

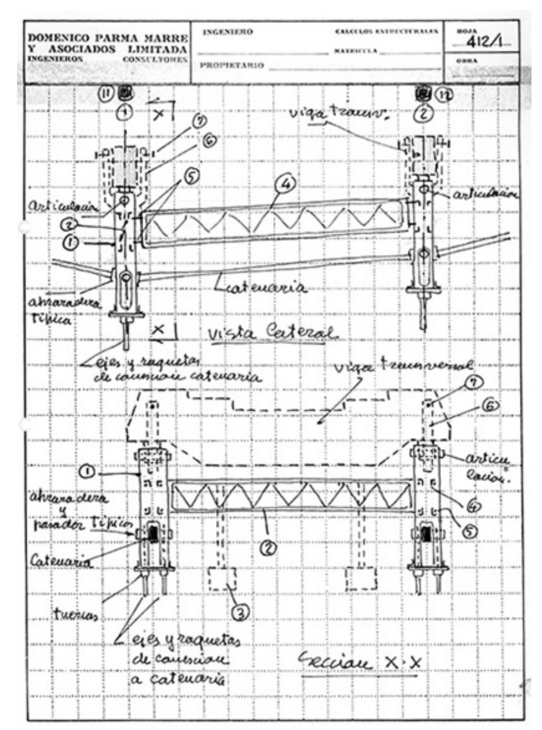


Figura 10
Sistema de posicionado de las vigas transversales en ejes 1, 2, 11 y 12. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

Desde el punto de vista estructural, todas las vigas transversales debían responder a tres estados de carga correspondientes a un número igual de fases: (a) manipulación y montaje, así como carga de las vigas prefabricadas longitudinales, (b) fundida de placas inferiores y superiores, y (c) puesta en servicio. Mientras las vigas transversales de los ejes 3, 4, 5, 13, 14 y 15 serían izadas mecánicamente valiéndose de las catenarias mismas del puente, las correspondientes a los ejes 1, 2, 11 y 12 se colocarían mediante una plataforma metálica de lanzamiento –diseñada también por Parma–, situada en cada una de las orillas del río (figura 11).

La mayor preocupación de Parma y su equipo de trabajo estuvo siempre en la nivelación de las vigas transversales, es decir, que su posición final coincidiera con las coordenadas diseñadas previamente ya que cualquier error considerable traería serios problemas constructivos al puente. De las memorias de



Figura 11
Lanzamiento de vigas transversales de los ejes 1, 2, 11 y 12. Fuente: colección particular.

cálculo que actualmente reposan en el «Archivo Parma» de la Universidad de los Andes, en Bogotá se destacan numerosas anotaciones en tal sentido.

Una vez todas las vigas transversales estuvieron en su posición final, se procedió al montaje de las vigas longitudinales, para lo cual se aprovechó la estructura metálica de lanzadera haciendo uso de carretones de 4 rodillos asegurados por encima a las vigas transversales. Inicialmente se montaron los tramos de la viga central desde los estribos hacia la torre, simultánea y simétricamente en ambos lados; posteriormente se montaron las vigas laterales en el mismo sentido (figura 12). Las tres vigas prefabricadas se situaban en los ejes E, G e I y por su interior estaban atravesadas por dos conjuntos de cables: 4 torones en



Figura 12
Posicionado de las vigas longitudinales mediante estructura auxiliar. Fuente: colección particular.

el alma y 8 en los patines que se enhebraban entre las vigas, todos pos-tensionados al 80% de su rotura.

Por último, en la etapa 6, se contemplaba la construcción de las placas correspondientes al tablero superior e inferior de las vigas. Entre los patines de ellas, a nivel de la cara superior, se fundieron placas macizas de 17 cm de espesor haciendo uso de plaquetas prefabricadas, reforzadas también con 4 torones pos-tensionados. A nivel de la cara inferior se fundió otra placa maciza, esta de 12 cm de espesor, con hormigón vertido in situ de tal manera que el conjunto formaba una gran viga tubular que contribuye a la rigidez torsional del puente (figura 13).

Papel importante en el proceso constructivo del puente lo constituyeron los equipos para el lanzamiento de las vigas y que Doménico Parma diseñó, en concordancia con la tradición profesional que había venido desarrollando durante muchos años. En este caso, se consideraron tres clases de equipos: unidades «T» empleadas en la traslación de vigas en tierra, unidades «C» que configuraban el puente transitorio para el desplazamiento de vigas sobre el vacío, y unidades «G» que operaban el desplazamiento y posicionado de las vigas sobre los estribos y la pila central.

Desde las primeras etapas de diseño, los elementos metálicos incorporados a las vigas de hormigón y que constituían el sistema de suspensión de la estructura, fueron también objeto de preocupación por parte de Parma. Adicionalmente, durante el proceso constructivo, se diseñaron más de 500 piezas diferentes entre platinas, anclajes, pasadores, etc., considerando tanto las que se integraban a este sistema, como todas aquellas que hacían parte de los equipos de montaje (figura 14).

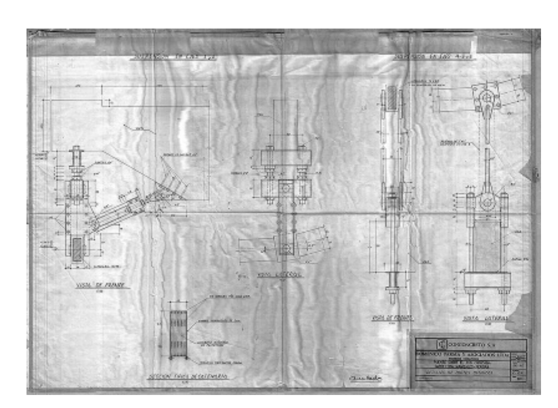


Figura 14
Detalles del sistema de suspensión del puente. Fuente: Archivo Parma, Universidad de los Andes.

El puente fue inaugurado el 22 de junio de 1991, de tal manera que las obras tardaron en total cuatro años, dos más de lo previsto y con posterioridad a haberse efectuado una prueba de carga mediante el tránsito de 20 camiones cargados con tierra que se detuvieron simultáneamente en cada una de los dos tramos de la estructura (figura 15).

El puente, bautizado ya con el nombre de su diseñador, recibiría en los años posteriores a su puesta en servicio el «Premio Nacional de Ingeniería» otorgado por la «Sociedad Colombiana de Ingenieros» y el



Figura 13
Posicionado de las vigas longitudinales mediante estructura auxiliar. Fuente: colección particular.

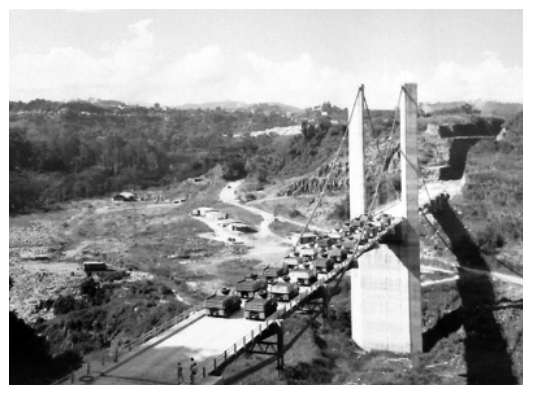


Figura 15
Prueba de carga sobre el puente. Fuente: colección particular.

«Premio a la excelencia» en la categoría Obras civiles por parte de la «Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO».

En 1994 se presentó un daño en la estructura. Luego de una procesión religiosa sobre el puente que mantuvo retenido el tráfico, se produjo el paso consecutivo de varios tracto-camiones que produjeron un exceso de carga y con ello la rotura de uno de los pendolones, sin que se presentara un colapso gracias al instantáneo reacomodo de los estados tensionales y a la redundancia con que el puente había sido construido. La solución dada fue la instalación de una catenaria paralela a la existente capaz de recibir el 50% de la carga total del puente.

Conclusiones

El seguimiento a la historia constructiva del puente «Doménico Parma» permite ver en él soluciones ingeniosas y creativas que son en buena medida resultado de formas de organización del proyecto consideradas incluso desde la fase misma de su diseño. Es entonces allí en donde bien vale considerar el carácter innovador de esta edificación en tanto cuenta con un proceso de planeación particular que determina la posibilidad de producir y concretar adaptaciones técnicas al caso particular que pretende resolver un problema dado.

Lo anterior cuenta con un punto de partida excepcional: la visión panorámica del ingeniero Parma que le permite atender el diseño del puente, con una manifiesta limitación de recursos económicos, pero abarcando las diferentes etapas de su ejecución como forma de respuesta a lo anterior. Pareciera entonces que el diseño en sí mismo es incompleto hasta tanto no se resuelven ya no los meros cálculos estructurales, sino también la secuencia ordenada de los procesos, descritos y previstos uno a uno en las memorias de trabajo.

Las adaptaciones técnicas por su parte, son más de tipo operativo y se producen como respuestas a requerimientos durante la etapa de ejecución: diseño de herramientas y equipos para resolver temas de montaje, una industria de materiales de construcción incipiente, una mano de obra no cualificada y unas difíciles condiciones naturales para el trabajo son los aspectos que se deben enfrentar aquí mediante el ejercicio permanente del «ingenio», raíz innegable de la profesión.

Lista de referencias

Cortés, E.C. y Primmer, A. 2013. «Doménico Parma and Guillermo González Zuleta: a story of challenges, innovations and development of concrete architecture in Colombia». En *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. Editado por P. Cruz: 1907-1914. Guimaraes: CRC Press.

Mayor, Alberto. 2005. *Inventos y patentes en Colombia. 1930-2000*. Medellín: Fondo editorial ITM.

Orozco, Luis Fernando. 1986. *Estudio de suelos y análisis de cimentaciones puente Chinchiná –Chinchiná– Caldas*. Bogotá: Manuscrito Archivo Parma, caja 143, Universidad de los Andes.

Páez, Antonio. 1975. «Traslado del edificio Cudecom. Bogotá, Colombia». *Informes de la construcción*, 27(274): 49–64.

Parma, Doménico. 1955. *Cálculo de entrepisos reticulares*. Bogotá: Talleres Prag.

Parma, Doménico. 1976. *Entrepiso reticular celulado*. S.l.: s.i.

Universidad de los Andes. Archivo documental Doménico Parma.

Vargas, Hernando. 2008. «El desarrollo de la edificación en concreto armado en Colombia: el caso de los pioneros Doménico Parma y Guillermo González Zuleta (1945–1985)». *DeArq*, 04: 64–75.

Vargas, Hernando. 2012. «RetCel: The Development of Floor and Roof Assemblies of Precast Concrete Cells in Colombia: 1949–1989». En *Nuts & Bolts of Culture, Technology and Society. Construction History,* vol. 3. Editado por R. Carvais et al.: 431–438. París: Piccard.

Varini, Claudio. 2004. *Doménico Parma. Retrato científico*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Villate, Camilo. 2008. «Edificios en altura. La carrera técnica por ganar en el skyline. El caso colombiano: Doménico Parma». Revista *DeArq*, 03: 61–66.

Investigación arqueológico-arquitectónica del castillo de Latsaga. Historia del Edificio por medio de su Evolución Constructiva Histórica

Begoña Yuguero Suso
Mikel Enparantza Agirre

Con este trabajo pretendemos mostrar el modo adecuado de documentar un Edificio Histórico por medio de un ejemplo real, el Castillo de Latsaga, pertenecido al Reino de Navarra. El objetivo es enseñar la importancia de que un Arquitecto-arqueólogo estudie a fondo un Edificio Histórico, preferiblemente sin la presión de que vaya a ser inminentemente intervenido, como sucede habitualmente. Ya que, por medio del Análisis Arquitectónico y Arqueológico se puede llegar a conocer de manera bastante veraz, la Evolución Constructiva de todo el Edificio. Y gracias a ello, tener una visión mucho más completa del edificio, que permitirá al Arquitecto-restaurador un trabajo de Restauración más respetuoso y enriquecedor, y además, con más conocimiento de causa. Todo ello sin menoscabo de la libertad del Arquitecto-restaurador en tomar sus propias decisiones.

Hemos considerado oportuno presentar la Ponencia de este Edificio en este «Congreso Hispano-Americano de la Historia de la Construcción» porque aunque el Reino de Navarra no fue propiamente un reino hispano, sí que tuvo parte de su territorio en dicha demarcación geográfica. De hecho, el Castillo objeto de nuestra investigación se encuentra situado en el Continente, actualmente en territorio navarro bajo administración francesa.

Introducción al Castillo de Latsaga/Laxague

El Palacio-Castillo de Latsaga comienza, hasta donde sabemos, con un edificio medieval. Es la Residencia del poderoso Linaje Latsaga del Reino de Navarra (figura 1). Es un Palacio Cabo de Armería, una figura jurídica propia del Reino de Navarra, que incluía a lo Palacios Matriz u Originarios del Reino [*cabo* = cabeza], los más antiguos, que eran fuente de la creación de los demás Palacios. Son, como dice el Fuero General de Navarra, los «Palacios de los Caballeros Poderosos» (Martinena 2008, 26). Este Palacio, debido al poder de sus Señores devino formalmente en un auténtico Castillo, pero solo formalmente, pues en Navarra, la gran mayoría de los Castillos eran Reales, es decir, de los Reyes, del Estado. También había Castillos Señoriales, pero en Navarra no eran más que un puñado. Por eso decimos, que el de Latsaga jurídicamente no es propiamente castillo, aunque formalmente lo sea. Así, al describir el conjunto edificatorio, decimos, Palacio-Castillo.

Los Señores de dichos Palacios o Castillos ofrecen su vasallaje a los Reyes de Navarra. Y así, constituyen la Segunda Línea Defensiva del Reino, después de la Primera Línea Defensiva, la de los Castillos Reales. Nuestro Edificio estaba en la línea Defensiva del Norte del Reino, a modo de apoyo a los Castillos Reales de Luzaide/Valcarlos, Donibane Garazi/Saint-Jean-Pied-de-Port, Rocabruna, Rocafort, Garrüze/Garris, Renaut, Bidaxune/Bidache y Gixune/Guiche. De hecho, los Señores, en caso de guerra tenían naturaleza de Capitanes, y podían movilizar a la población que estaría a sus órdenes.

Se encuentra en el pueblo de Izura-Azme/Ostabat-Asme, en la actual Nafarroa Beherea/Basse Navarre. Y está muy cerca del Castillo Real de Donibane Ga-



Figura 1
Castillo de Latsaga y Cementerio de Ostabat-Asme (Enparantza y Yuguero 2009).

razi/Saint-Jean-Pied-de-Port, a tan solo 20 km al norte, y del Castillo Real de Maule-Lextarre/Mauléon-Licharre, en la actual Zuberoa/Soule, a 30 km.

El origen del Castillo se cree que es anterior al siglo XII, y siguió en vigor, hasta que esta parte del Reino de Navarra fue absorbida por Francia, en el siglo XVII.

El Palacio-Castillo de Latsaga se encuentra emplazado en las faldas de dos Colinas, Gaineko Borda, de 399 m, y Bertugaine, de 400 m de altitud, y entre dos riachuelos. En este caso, el Palacio-Castillo no se encuentra en una zona elevada, sino en la parte baja de la ladera. No está diseñado para defenderse de sitios de Grandes Ejércitos, sino para hacer frente a Bandas Armadas, y controlar el Paso de una Ruta Importante, y el Territorio.

Por dicho lugar pasaba, en la Edad del Hierro la Antigua Ruta de los vasco-aquitanos que unía las Riberas del río Ebro con las Riberas del río Garona. Más tarde, los romanos reforzaron este Eje Atlántico creando la Calzada Romana *Asturica-Burdigala*. Durante Edad Media se recuperaron estas vías, y se crearon los Caminos Reales del Reino de Navarra. Y superponiendo estos antiguos Camino Comerciales, se creó el Camino Espiritual de Santiago, del que tres de sus cuatro ramas se unían en Latsaga. La cuarta se unía al resto, un poco más adelante, en el Sur de Navarra, en la villa de Gares/Puente la Reina. Por tanto, es evidente que el lugar de Latsaga era estratégico desde muy antiguo, y siempre fue un punto clave para controlar las Rutas Comerciales.

Latsaga es un Conjunto Edificatorio [1] en el que podemos incluir, la Torre Originaria del Linaje de los Latsaga [2], al sureste, y un Recinto Cuadrangular Amurallado con un Gran Patio con Torres Defensivas en sus esquinas. La Torre de Entrada [3], al noreste, la Torre Diagonal [4], al noreste, la Garita Poligonal [5], al suroeste, y cerrando el Recinto la ya citada Torre Originaria, al sureste. Además del Palacio-Castillo hay, un Foso [6] alrededor del mismo, un Horno de Cal, restos de un Antiguo Camino [10]. Además en el extremo del camino a Izura-Azme/Ostabat-Asme [9] encontramos el Cementerio [11], en el que quedan aún restos de una Capilla [12], y que por la documentación se deduce que pudo pertenecer a los Señores de Latsaga. Además, cerca encontramos un riachuelo [8] (figura 2). Por tanto, habría que tener en cuenta, antes de hacer cualquier tipo de intervención, que tanto el Conjunto Edificatorio como su entorno, son zonas de Presunción Arqueológica, y que por tanto, podrían albergar muchos restos.

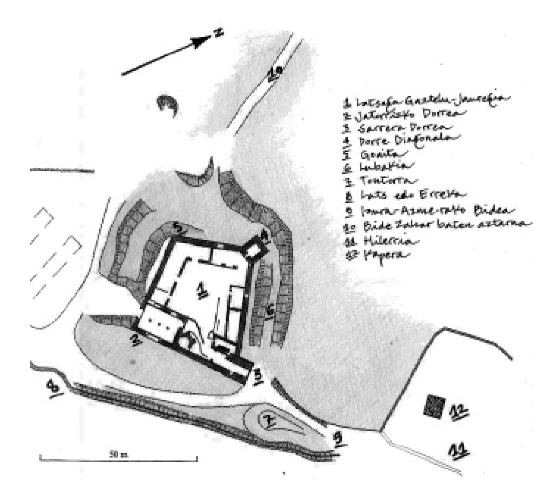


Figura 2
Plano de Emplazamiento del Castillo de Latsaga. Palacio-Castillo Latsaga [1], Torre Originaria [2], Torre de Entrada[3], Torre Diagonal [4], Garita Poligonal [5], Foso [6], Montículo [7], Riachuelo [8], Camino a Izura-Azme/Ostabat-Asme [9], Antiguo Camino [10], Cementerio [11], Capilla [12] (Enparantza 2017).

Metodología

Nosotros no descartamos ninguna metodología, consideramos que todas son complementarias. El Método Analógico, el Análisis Cofiguracional, el *Space Syntax*, la Metodología Lingüística, y los *Clusters* etc. Pero consideramos ineludible el Método Arqueológico que explicaremos detalladamente abajo. Principalmente, hemos dividido la investigación en tres Áreas de Conocimiento entrelazadas. Por una lado la Histórica, la Arquitectónica, y la Arqueológica.

Análisis Histórico

El Edificio Histórico no es un objeto aislado sino que está integrado en su Contexto Histórico. Cuando estudiamos un Edificio Histórico que perteneció al Reino de Navarra, tenemos la gran suerte de contar con el Archivo de la *Cambra de Comptos* o Cámara de Cuentas, una de las Haciendas más antiguas de Europa. En esta Cámara, están registradas todas y cada una de las reparaciones que se llevaron en los Castillos Reales, o del Estado. Desgraciadamente nuestro Palacio-Castillo, ya lo hemos dicho más arriba, no era un Castillo Real. Sin embargo, el que sus Señores fueran poderosos, y cercanos a la órbita de los Reyes de Navarra, hace que indirectamente haya mucha información, en *Comptos*, sobre dicho Linaje, que no, desgraciadamente sobre el Edificio del Palacio-Castillo. El trabajo realizado por la historiadora bajonavarra Amaia Legaz (Duvivier y Legaz 2002), y el historiador altonavarro Joseba Asiron (Asiron 2009), hacen que podemos reconstruir el Árbol Genealógico de dicho Linaje, paralelo al de los Reyes de Navarra. Y vemos que ocuparon importantes cargos en la administración del dicho reino.

Los primeros monarcas navarros constituyeron desde muy temprano los primeros archivos, si bien en la *Cambra de Comptos* no se ha conservado ningún documento anterior al siglo XII. Es posible que una parte de esta documentación se perdiera, en los viajes de los reyes, ya que hay que recordar que en la Edad Media, los reyes viajaban mucho, ya que su Presencia Física era muy importante pues no había otra manera de estar presente en la sociedad, y además lo hacían con toda la Documentación. Aunque posiblemente existiera un Archivo Permanente, ya para antes del año 1076, que pudiera estar albergado en el Monasterio de Leire o en algún otro monasterio navarro (Martinena 2014, 377–402).

Respecto al Linaje Latsaga, decir que los hombres y mujeres de Navarra, por tradición, cogían sus nombres del lugar donde estaban sus casas, y luego las casas cogieron el nombre del lugar, y por tanto eran los edificios los que daban el nombre al Linaje. Por eso se dice que son nombres toponímicos. Esta es la razón por la que la mayoría de apellidos hacen referencia al lugar. Esta tesis está avalada por el Libro de Rubro, que se encuentra en el Monasterio de Irantzu/Iranzu, y data del siglo XIII, donde aparece una lista de nombres y apellidos, la mayoría toponímicos (Jimeno Jurío 1970, 30:221–270). Por supuesto, en el caso que nos concierne, el Palacio-Castillo de Latsaga, dará el nombre, a todos los que vivieron en él durante siglos.

Por otro lado, el nombre del Edificio, siempre tiene que ver con alguna característica que presente el lugar, como hemos dicho. En el caso de Latsaga, el nombre proviene del euskara, «lats» + «aga». «Lats» significa arroyo [1], y el sufijo «aga» significa abundancia [2]. Luego se trata de un lugar de arroyos, y hoy en día todavía lo es.

En origen, estos palacios eran Torres Militares Medievales que luego algunos devinieron Palacios Renacentistas. Estos edificios estaban dotados de todos los Elementos Defensivos que tenía la Gran Castellología pero a menor escala. Tenían Foso, Murallas, Torres, Puentes Levadizos, Saeteras, Cadalsos etc. y así estaba dotado también el de Latsaga, aunque hoy en día se asemeje más a una explotación agraria.

Pero Latsaga no era una casa cualquiera, era un Edificio Militar, y los que vivían en él, pertenecieron durante siglos a la nobleza Navarra. Los que allí vivieron, no solo cogieron el Nombre de la Casa sino también el Título de Señor y Señora de Latsaga. Por tanto, para poder ser Señor o Señora de la Casa era indispensable habitar en la misma, y hacerse cargo de su Defensa. De manera que el Título Nobiliario no lo recibía el descendiente legítimo directo necesariamente sino el que fuera a hacerse cargo de la casa. Las Armas son de la Casa, es decir, el Titulo es de la Casa, y no de las Personas como en otros reinos, y no es necesario compartir sangre sino habitar la Casa. Tampoco existía la Ley Sálica en Navarra.

Los Señores y Señoras de los Palacios Cabo de Armería tenían ciertas obligaciones y derechos. Ya hemos dicho que eran Capitanes en caso de guerra, y debían realizar el *apellydo* o movilización de sus

paisanos. Además tenían Asiento en las Cortes o Parlamento, o Los Tres Estados, el Brazo militar, o de nobles, del Brazo Eclesiástico o de clérigos, y del Brazo de la Buenas Villas o de los burgueses. Además contaban con ciertos privilegios económicos y fiscales a cambio del Servicio Militar que ofrecían al estado. Tenían Preferencia a nivel Social y Religioso, por ejemplo, en el lugar que ocupaban en la Iglesia[3]. Todo esto queda reflejado en el Linaje de los Latsaga que a pesar de pertenecer al Bando de Beaumont siempre permanecieron fieles al reino, incluso durante la Conquista del reino. Y siguieron fieles al reino en la parte que siguió soberana e independiente al norte de los Pirineos.

Diremos que Documentalmente los Latsaga aparecen en 1259 con un tal Gaillart de Latsaga, en la lista de tesoreros del reino, al que pagan 20 libras por ser funcionario del Estado, en el siglo XIII, con cargo de *mesnader* o mesnadero (García Arancón 2000). Es posible que este sea el primer Señor de Latsaga que conocemos. Después pasamos a los dos personajes más ilustres del Linaje en el siglo XIV Nicolau de Latsaga, comerciante acaudalado de Bayona, y Pierres o Pes II de Latsaga hijo del anterior. Pes II siempre estuvo ligado al mundo militar, y al mando de muchos hombres de armas, y llegó a ser nombrado Caballero por los Reyes de Navarra. Aparece en numerosas campañas militares de los Reyes de Navarra en Normandía, Castilla, Bearne, Albania, Portugal etc.[4]. Se casó con Joana de Beaumont, que era hija del Infante Luis, es decir, que su tío era el Rey Charles II de Navarra, y su abuela la reina Joana de Navarra [5]. En 1373 Charles II lo nombró *Canbarlenc* o Chambelán del Reino, y esto supondrá ser noble de la Corte Real, y su cometido será ayudar y servir a los Reyes en su actividad tanto Diplomática como Militar [6] (Duvivier y Legaz 2002).

Sin embargo a raíz de la Conquista del sur del Reino por Castilla, y más tarde por la absorción de la parte norte mismo por Francia, y después de una auténtica Edad de Oro en el siglo XVI, empezó un lento declive que acabaría en el abandono del Palacio-Castillo.

Análisis Arquitectónico y Arqueológico

Análisis Arquitectónico por medio de la Morfología

Análisis Estructural. Sus gruesos Muros de 1,50 m están realizados por medio del *Emplectum*, es decir, dos Forros de Sillarejo uno por adentro, y el otro por afuera, y en el interior un Relleno hecho de trozos de Piedras bien untados en Argamasa, bien compactado. La Estructura del interior de la Torre era de Madera pero no quedan restos. Sin embargo quedan, en la Obra de Piedra, restos que atestiguan su existencia, como son dos grandes Mechinales para recibir la Viga Maestra, y una Repisa en el Muro, donde se apoyaba los Solivos. Marcando el Forjado Medieval. Las Vigas seguramente tuvieron un punto de apoyo en el centro mediante un *Poyal* o Poste de Madera. También hay hileras de Mechinales que atestiguan Forjados del siglo XV-XVI. Se trataría de una Carpintería de Armar Ensamblada, generalmente de Caja-Espiga, sin Elementos Metálicos, a base de Vigas y Solivos, y Tablas en los Forjados. Y Correas, Cabrios y Lata, en la cubierta. Desgraciadamente, toda la Estructura Original desapareció, y la actualmente existente es del siglo XIX (figura 3).

Análisis Espacial. Por medio del Análisis de los Espacios, y los Vanos podemos determinar, por ejemplo, los Usos que tuvieron lugar en las diferentes estancias del Edificio. Por ejemplo, la Planta Baja correspondería a Almacén. La Planta Primera a la Residencia de los Señores, y la Planta Segunda al Servicio y Guarnición.



Figura 3
Torre de entrada del Palacio-Castillo de Latsaga (Yuguero y Enparantza 2010).

Análisis Morfológico. Podemos obtener mucha información sobre el Edificio a través del Análisis de sus Elementos Arquitectónicos Singulares. Como son los Vanos, Puertas y Ventanas, Escaleras, Torres, Garitas, Mechinales, Ménsulas, Repisas, Cornisas, Columnas, Letrinas, etc.

Análisis Arqueológico por medio de la Estratigrafía

Al no tratarse de un Congreso de Arqueología, nos vemos obligados a explicar un poco los conceptos básicos arqueológicos, con los que es posible que el público no esté familiarizado. Es necesario saber que muchas veces es el Edificio Histórico fue el que creó el Yacimiento Arqueológico. De hecho, el Edificio es el Yacimiento. Tanto si está en estado de Cimentación, en Ruinas o en Pie. En el subsuelo y sobresuelo.

Procedimos al Análisis Estratigráfico de Paramentos, por medio del Método Arqueológico. Esto consiste en Detectar, Describir y Designar Unidades Estratigráficas diferentes, en adelante UE, que se observen en los Paramentos. Antes de seguir adelante, debemos decir que una UE es el Elemento menor Individualizable Estratigráficamente de los que tiene alrededor, tanto Elementos como Interfaces, es decir, tanto UEs con naturaleza física como UEs sin naturaleza física. O lo que es lo mismo, tanto UEs que corresponden a Acciones de Construcción como UEs que corresponden a Acciones de Destrucción. O dicho de otro modo, tanto UEs de acciones positivas [+] como UEs de acciones negativas [–]. Así, rellenamos una Ficha registrando correctamente cada UE, y las dibujamos en los planos. El volumen que se obtiene de Fichas de UEs suele ser excesivo, para presentarlo en una publicación, por lo que se recurre a un modo más simplificado que consiste en un Listado de UEs. Resumiendo, y dicho llanamente una UE será toda aquella Acción Constructiva o Destructiva Individual que se haya llevado a cabo en el Edificio [tapiados, construcciones, destrucciones, ampliaciones, enlucidos, mechinales, etc.]

Por medio de las Relaciones Estratigráficas que tienen una UEs, unas con otras, se va analizando el Paramento. Es el momento de tomar decisiones, pues hay que decidir qué relaciones tienen unas UEs con otras, y no es tan sencillo, pues hay que tener la vista muy preparada. Las relaciones Estratigráficas son de Contemporaneidad, y de Anterioridad/Posterioridad. Es decir, si son acciones realizadas en una misma época, o se trata de acciones de épocas sucesivas. De esta manera se determina un Secuencia Cronológica Relativa, es decir el Orden al que corresponden las diferentes UEs. Más tarde hay que obtener una Cronología concreta de un Artefacto o de una UE concreta, y de esta manera se puede construir la Secuencia Cronológica Absoluta del Edificio. Nosotros no tuvimos medios para realizar una Cronología Absoluta por medio de Analíticas, por lo que tuvimos que confiar, en una que se había realizado previamente, en un edificio próximo de características muy similares. Por lo que debemos tomar esta datación con la correspondiente prudencia.

Luego, todo esto lo representamos en la Matriz de Harris constituida por unas Celdillas que corresponden a las UEs. Las UEs que se encuentran en una misma hilera son Contemporáneas, es decir, representan una Sincronía. Y las que se encuentran en una misma columna son Consecutivas, es decir, representan una Diacronía. Este Diagrama facilita mucho el entendimiento de las UEs a cualquier investigador de cualquier lugar del Planeta que conozca el Método Arqueológico, ya que hoy en día está Sistematizado y Homologado (figura 4).

Después, las UE se agrupan en Actividades, es decir, en Impulsos Constructivos. Y a su vez, las Actividades se agrupan una vez más, en Fases Constructivas Históricas. Y así fuimos reconstruyendo la Evolución Histórica del Edificio, o Conjunto Edificatorio.

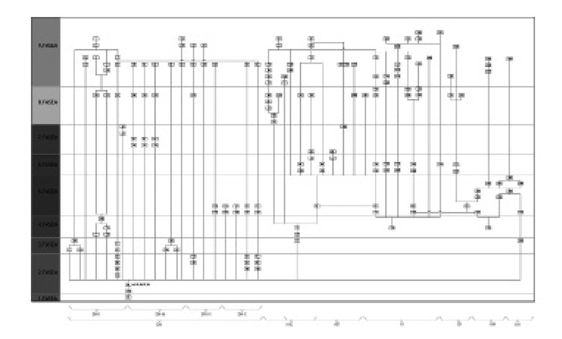


Figura 4
Matriz de Harris del Palacio Castillo de Latsaga (Yuguero 2015).

Primera Fase (s. XII)

En esta Primera Fase se construyó un muro de 1 metro de altura, que aparece a lo largo de toda la parta baja del Muro este, y parte del Muro sur de la Torre Originaria. Las aristas de este Muro bajo no coinciden con las del resto de la Torre, es decir, están fuera de la plomada, salientes. Hay autores, como Benoit Duvivier, que dicen que puede deberse a un fallo de construcción (Duvivier y Legaz 2002) pero a nosotros esto nos parece improbable, dada la profesionalidad de los Maestros de Obra y *Mazoners* o Albañiles de la época. Este Muro, si es tal, según demuestra la Cronología Relativa, se podría tratar de una edificación más antigua que la que se encuentra en pie hoy en día, en Latsaga. Los castillos navarros son muy antiguos, los más Antiguos al estar construidos en Madera, no han dejado ni rastro ya que la madera es un material perecedero, pero están Documentados. Por lo tanto, es muy difícil establecer cronologías antiguas, aunque los numerosos topónimos dan pistas sobre su existencia. Más tarde evolucionaron de la Madera a la Piedra, pero no está claro cuando se dio ese paso, según algunos autores podría haberse dado entre el siglo X y el XII. Por tanto, este Muro anterior a la Torre que permanece en pie, podría ser parte de una Torre Anterior de Piedra, o incluso podría ser el Zócalo de una Torre todavía más Antigua de Madera, no lo podemos asegurar con total veracidad. Lo único que podemos afirmar, de momento, que se trata del Elemento más Antiguo que permanece en la Torre Originaria del Linaje Latsaga (figura 5).



Figura 5
Muro que aparece la parta baja del Muro este, y parte del Muro sur de la Torre Originaria, corresponde a la primera fase [marcado con línea de puntos] (Yuguero y Enparantza).

Segunda Fase (Principios del s. XIII)

A esta fase pertenecería la mayor parte de la superficie de los Muros de la Torre Originaria en pie, en sus cuatro muros. Está realizada en Aparejo Gótico-Aquitano que es un Sillarejo muy extendido en el vasto territorio que abarcamos (figura 6). Sería una Torre muy Hermética, tendría un Único Acceso en Planta Primera, y solo habría algunas Saeteras para flanquear la Puerta, y algún otro punto estratégico. En su día es muy probable que la Torre alcanzara mayor altura de la que presenta actualmente, pues se ve muy claramente que está cortada. Es probable que estuviera rematada en Almenas, como lo estaba otra Torre contemporánea de los alrededores, la Torre Laustania. Hoy en día desgraciadamente las ha perdido, y está igualmente cortada, sin embargo, existe un Documento Gráfico del siglo XIX, concretamente una acuarela, en la que aparecen perfectamente representadas las Almenas[7]. También es muy posible que la Torre estuviera dotada de un Cadalso, ya que este Elemento Defensivo era la razón misma de la existencia de la Torre en aquella época, sin el cual, no se concebía ninguna Torre. Y sería el último Reducto de Protección de los Señores que probablemente vivirían en un Palacio de Madera más cómodo. También se refugiarían en la Torre los sirvientes, y gentes de otros oficios de la Comunidad que habitaba en el Conjunto de Edificios alrededor de la Torre.

El autor labortano Benoit Duvivier, trasladando la datación de un Edificio cercano similar, opina que podría tratarse de una Torre del siglo XIII, ya que en la documentación de la *Cambra de Comptos* de Pamplona, aparece, en 1270, un tal Pes de Latsaga, y por tanto está claro que el linaje ya existía para entonces (Duvivier y Legaz 2002). En nuestra opinión podría tratarse de un poco antes, ya que en 1259, nosotros encontramos, también en *Comptos* un tal Gaillart de Latsaga que aparece como Funcionario del Reino, concretamente como *lo Mesnader* o el Mesnader.

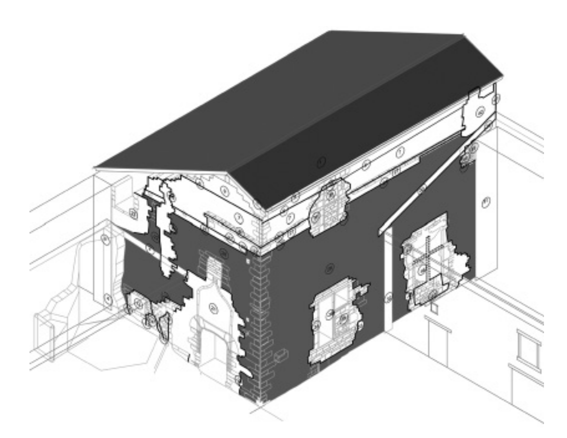


Figura 6
Axonometría de la Torre Principal de Latsaga, con las Unidades Estratigráficas y coloreada la segunda fase (Yuguero 2015).

Muchos de los castillos de Navarra son de Piedra, y están datados en el siglo XII, como por ejemplo, el Castillo de Amaiur. Castillo Real Medieval construido en el siglo XII, que cuenta con la Torre Mayor [en Castilla Torre del Homenaje], y un Recinto consistente en una Muralla con cinco Torres Circulares en sus esquinas, y precisamente todo ello construido con este mismo Sillarejo que hemos citado más arriba. Por tanto, es posible que, aunque el Castillo de Latsaga es Señorial y no Real, fuera construido en la misma época, y de la misma manera. Por cierto, debemos apuntar que en el Reino de Navarra, la inmensa mayoría de Castillos eran Reales, o sea, del Estado. Pero es difícil saber, realmente, de cuando son los Muros. La única manera rigurosa de saberlo es realizando una Excavación Arqueológica de Subsuelo para poder datar la Cimentación, utilizando el Método Arqueológico. Lo único que parece claro es que, en Latsaga, el Muro de 1 metro de altura en la parte baja del Muro este, y parte del Muro sur, estaba antes, y que todos los demás Elementos que vemos alrededor de la Torre, fueron construidos con posterioridad a éste.

Tercera Fase (Finales del s. XIII)

Para esta fase, como ya hemos dicho, la Torre Originaria ya estaba construida, pero decidieron rodear dicha Torre por medio de una Muralla de Piedra de la que aún quedan restos (figura 7). Además construyeron el Paseo de Ronda sobre dicho Recinto. Esta Torre tuvo un carácter mixto, Militar y Residencial ya que los Señores vivían en la misma, como lo atestiguan las Ventanas, Geminadas por fuera, y de Asientos por dentro, de la Planta Primera. A este tipo de edificio llamamos Casa-Torre. Definir la época es difícil pues cuando se construyó la Torre, ésta no contaba con ninguna Muralla de Piedra. Es probable que tuviera una Muralla de Madera. Pero al poco tiempo de construir la Torre, y con intención de reforzarla precisamente, parece que construyeron esta Muralla de Piedra, que como hipótesis la situamos en el siglo XIII, únicamente teniendo como base la Cronología Relativa.



Figura 7
Lienzo de la primera muralla. Detalle de cómo se adosa a la Torre Principal (Enparantza y Yuguero).

Cuarta Fase (Principios del s. XIV)

En este caso, parece que se les quedó pequeño el Patio que forma la Muralla antes descrita, o que el Linaje Latsaga tuviera más dinero, y que por eso decidieran ampliar la Muralla construyendo los nuevos cuatro Lienzos de Muralla que cambiaron la Escala del Edificio que es la que tiene actual-

mente. La unión con la Muralla anterior es bastante clara (figura 8), sin embargo la unión entre los diferentes Paños de la Nueva Muralla no tanto, ya que las Torres de esquina que se construirán más adelante, interrumpieron la unión de los Primeros Lienzos. Y ni si quiera sabemos cómo se remataron las esquinas de los Primeros Lienzos de Muralla, ni dónde estaría situada la Puerta para entrada a este Gran Recinto.

Además, en este mismo momento, se construiría la Escalera Helicoidal que contiene una Torre Hexagonal en la fachada norte de la Torre, para liberar espacio dentro de la Torre, y mejorar la Planta Noble de los Señores, además de una Pequeña Puerta en Planta Baja que daba acceso directo a la Torre Original, y que está constructivamente trabada a la Torre de Escalera. Estas dos últimas intervenciones debilitan el carácter Militar de la Torre, pero parece que los constructores confiaron la Seguridad al Gran Recinto Amurallado. Haciendo la Torre un poco más cómoda respecto a la Accesibilidad, por tanto, tendiendo a primar lo Residencial sobre lo Militar, en cuanto la Torre se refiere. Sin embargo, el conjunto del Palacio-Castillo seguirá siendo un Edificio totalmente Militar.

Figura 8
Ampliación de la primera muralla. Detalle del engatillado (Enparantza y Yuguero).

Quinta Fase (Finales del s. XIV)

En esta fase, el Palacio-Castillo toma prácticamente el aspecto del Estado Actual que presenta, ya que se construye la Torre de Entrada, al noreste, la Torre Diagonal, al noroeste, y la Garita Poligonal, al suroeste. Y se termina en la ya existente Torre Originaria, al sureste. Y se decide rodear el conjunto con un Foso (figura 9). En este periodo, se refuerza ostensiblemente la imagen de Castillo, por tanto, es de esperar que los personajes que vivieron en esa época consiguieran Gran Poder, ya que los Elementos que construyeron reforzaron el Conjunto edificatorio tanto Militarmente como Simbólicamente.

El altonavarro Joseba Asiron afirma que la Saetera, con Asientos en su interior, que encontramos en la Torre de Entrada responde a una tipología del siglo XIV, y que esa ventana fue construida en el mismo Impulso Constructivo que la Torre de Entrada, y que por tanto, si fuera así, esa ventana dataría la torre en el siglo XIV (Asiron 2009). Estos datos hay que tomarlos con prudencia, ya que el autor utiliza el Método Analógico que puede llevar a error en este tipo de deducciones. Tiene sentido que toda esta ampliación del Palacio-Castillo de Latsaga se produjera en esta época, ya que coincide con la vida de dos Grandes Señores del mismo, como son, Nicolau, burgués

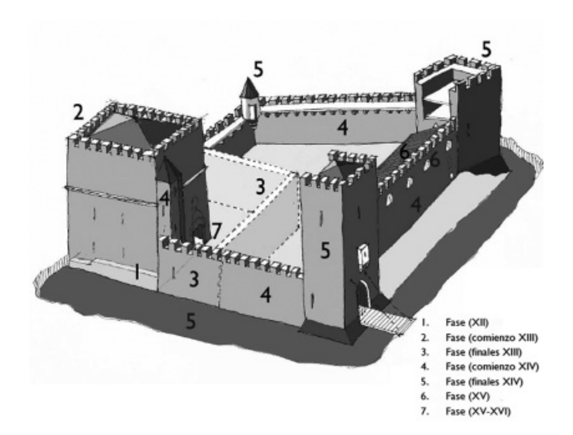


Figura 9
Reconstrucción hipotética de las diferentes fases que pudo haber tenido el Palacio-Castillo de Latsaga, antes de ser abandonado. [1] fase siglo XII, [2] fase comienzo siglo XIII, [3] fase finales XIII, [4] fase comienzo XIV, [5] fase finales XIV, [6] fase XV, [7] fase XV-XVI (Yuguero 2015).

acaudalado de Bayona, y su hijo Pes II de Latsaga. Pes II dio un gran salto en su carrera política, porque además de ser nombrado *Grant Canbarlenc* o Gran Chambelán por el Rey de Navarra Charles II, contrajo matrimonio con su sobrina natural, Joana de Beaumont. Por tanto, es fácil de imaginar, que cuando un noble se unía a la Familia Real, su *status* se elevara, y por tanto, la residencia donde él habitara, se tendría que adaptar al nuevo nivel social.

Sexta Fase (s. XV)

En esta fase se dio un cambio, los Señores cambiaron de lugar su Residencia pues la Torre Originaria quedó obsoleta. A la Muralla norte se le adosó un Edificio de Viviendas de Entramado de Madera, dando sus fachadas al sur. Consiguiendo unas condiciones de habitabilidad muy superior en ventilación, iluminación, y soleamiento. Los habitantes dejaron la Hermética Torre Originaria, y se trasladaron su residencia a dichas Viviendas, poniendo remedio al poco espacio, y a la oscuridad reinante en la Vieja Torre, y llevando así, las nuevas Viviendas a la parte más soleada del Palacio-Castillo. Todas estas Ventanas inevitablemente debilitaron la Naturaleza Defensiva del Conjunto Edificatorio, pero en las Ventanas que daban al exterior de la Muralla norte, tomaron la precaución de abrirlas en la parte más alta de la Muralla. Todas estas ventanas comparten un estilo parecido, y evidencian, la Residencia de los Señores. Joseba Asiron las sitúa entre el siglo XIV y el XV (Asiron 2009). Este dato no entra en contradicción con lo que nos dice la Cronología Relativa, por lo que lo situamos en el siglo XV.

Séptima Fase (s. XV-XVI)

Al parecer según Benoit Duvivier, hubo un incendio en estas Viviendas adosadas a la Muralla norte, lo que obligó, a los habitantes del Palacio-Castillo a volver a la Torre Originaria (Duvivier y Legaz 2002). Para lo cual, era necesario adaptarla a los nuevos tiempos. Y con la misma inercia de la fase anterior, en esta, también se abrieron nuevos Vanos, pero esta vez, en la Torre Originaria. En la Fachada norte, se abrió una Puerta Monumental Decorada. El Vano se resolvió con un Arco Carpanel, y la Puerta fue encuadrada en una Moldura de Arco Conopial que rodeaba a un Tímpano, en el que algún día pudo haber algún Motivo Heráldico, aunque, de momento no se hayan encontrado restos del mismo. Y seguía la Moldura apoyándose en dos Columnitas, una a cada lado, con sus Capiteles y Basas correspondientes (figura 10). Además, en la Fachada oeste, en Planta Baja se abrieron dos grandes Ventanas Cruciformes, de Raigambre Gótica pero acercándonos al Renacimiento. Al igual que en la Muralla norte, los constructores buscan una Vivienda más Confortable. Se produjo una Revolución Social de transición de la Edad Media al Renacimiento. También se abrió una Ventana Cuadrangular Simple, en esta misma fachada, en la Planta Primera. Estas intervenciones, además de dotar al Edificio de mayor Ventilación e Iluminación, también pretendían representar el Nuevo Nivel Social de los habitantes del Edifico. En el interior, en Planta Baja se elevó el Techo hasta los seis metros creando una Sala Monumental que apeaba la Estructura Interna de Madera en unas Columnas Circulares

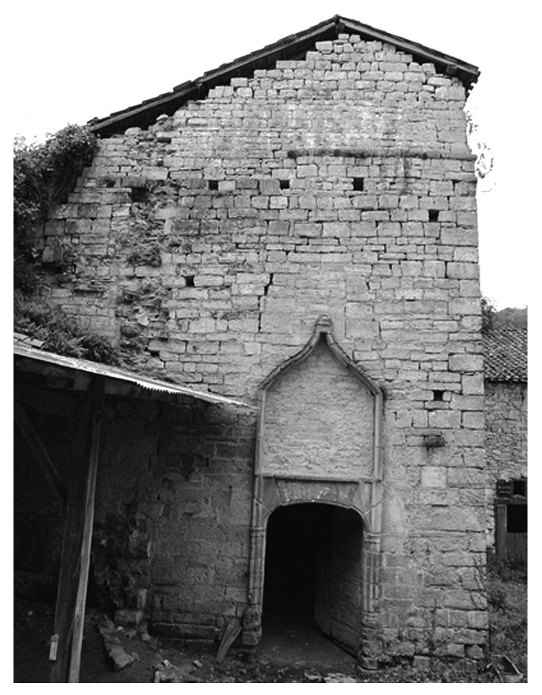


Figura 10
Puerta Monumental Decorada en la Torre Principal (Enparantza y Yuguero 2010).

de Piedra labrada. Y se pasó de la Casa Pública a la Casa Privada. De la Torre Medieval al Palacio Renacentista.

Octava Fase (s. XVII-XVIII)

Hay que recordar que el Reino de Navarra en el que se sitúa el Palacio-Castillo fue conquistado por Castilla en el siglo XVI. Sin embargo los castellanos fueron expulsados de la parte norte del reino por lo que este siguió siendo un Estado Independiente que más tarde se confederaría con Bearnoa/Béarn. Primero trasladó su capitalidad a Donapaleu/Saint-Palais, y más tarde a Paue/Pau. Durante el siglo XVII se unió a Francia pero como reino separado. Sin embargo, paradójicamente, la Revolución Francesa, eliminó todas sus Instituciones, que aunque Monárquicas eran de las más Horizontales de Europa. Y el reino comenzó una lenta decadencia que lógicamente afecto a nuestro Palacio-Castillo. Coincide la desaparición, de la documentación, del Linaje Latsaga con la Revolución Francesa, y comenzó también en él, un periodo de abandono, y comenzó un lento declive y deterioro, llegando casi al Estado de Ruina. Haciendo desaparecer, para siempre, Elementos Arquitectónicos y Datos Arqueológicos interesantísimos.

Novena Fase (s. XIX-XXI)

Por último, al Edificio se le dio un Nuevo Uso en los últimos siglos, convirtiéndolo en una Explotación Agropecuaria. Y está claro que esta nueva fase trajo consigo la reconversión del Edificio para adaptarlo al Nuevo Uso. Se abrieron Puertas para el Tractor, se ensanchó la Puerta Principal para meter los Carros, etc. Sin embargo, este Cambio de Uso salvó de alguna manera al Edificio de su total destrucción, o por lo menos detuvo el rápido deterioro, ya que colocaron Nuevas Cubiertas en los Remates de todos los Edificios, para el Nuevo Uso. Operación indispensable para detener la degradación de un Edificio abandonado. Ya que un edificio sin uso tiende a la desaparición. Y esto hizo que, aunque en un estado bastante lamentable, el Conjunto Edificatorio llegara hasta nuestros días. Muy modificado, pero en pie.

Conclusión

Con este trabajo, fundamentalmente, hemos querido demostrar que por medio del Método Arquitectónico y Arqueológico es posible proponer la Historia Constructiva de un Edificio Histórico. A través del Análisis Estratigráfico de los distintos Paramentos que constituyen el Edificio Histórico, es decir, de la relación Espacio/Temporal que tienen los distintos estratos entre sí, podemos proponer las Actividades o Impulsos Construcción que han tenido lugar en él. Y por fin, agrupando las Actividades o Impulsos Constructivos podemos proponer las Fases Constructivas Históricas que han tenido lugar en el mismo. No como una simple curiosidad de qué partes del Edificio se han construido antes que las otras, como si de unas frías piedras se tratara. Sino que lo que pretendemos destacar es la importancia de este Método para entender los Edificios, y las distintas Sociedades que los construyeron, o dicho de otra manera, los Edificios que en los distintos Momentos Históricos la Sociedad construyó. Al fin y al cabo, para conocer mejor nuestra Sociedad. Es decir, queremos resaltar la importancia de Documentar correctamente los Edificios Históricos para que permanezcan en la Memoria Colectiva, y puedan llegar en condiciones dignas a las Generaciones Venideras.

Además, de remarcar la importancia que tiene el propio edificio como documento en sí. Ya que, es el único testigo tangible y objetivo que nos llega del pasado. Y que nos enseña, entre otras muchas otras cosas, la Historia del edificio y cómo lo habitaron, simplemente manteniendo un diálogo con sus muros.

Notas

1. Lats[a]. Río, corriente de agua pequeña. Diccionario Harluxet Hiztegi Entziklopedikoa, de la web: http://www1.euskadi.net/harluxet/
2. -aga [sufijo]. Lugar con abundancia. Euskaltzaindia, de la web: http://www.euskaltzaindia.eus/index.php?option=com_eoda&view=izenak&testua=AGINAGA&lang=eu
3. Asiron, Joseba. *Palacios de Cabo de Armería navarros en Gipuzkoa*. Recogido de Nabarralde, de la web: http://www.nabarralde.com/es/archivo/ekarpenak/3096-joseba-asiron-palacios-de-cabo-de-armeria-navarros-en-gipuzkoa
4. Según LEGAZ: Comptos, caj. 20, nº112, I-caj. 32, nº15, V-caj. 57, nº85, VIII (Duvivier y Legaz 2002)

5. Según LEGAZ: Comptos, caj. 69, nº46, III-caj. 27, nº18 (Duvivier y Legaz 2002)
6. Según LEGAZ: Comptos, caj. 28, nº10-caj. 42, nº31, I (Duvivier y Legaz 2002)
7. Acuarela que se encuentra en el Euskal Museoa /Musée Basque de Baiona/Bayonne:

Lista de referencias

Altadill, Julio. 2005. *Castillos Medioevales de Navarra*. Valladolid: Editorial Maxtor.

Asiron, Joseba. 2009. Latsaga (Ostabat, Baja Navarra). *El palacio señorial en la Navarra rural, palacios de Cabo de Armería y Torres de Linaje*. Pamplona: Tesis Doctoral, Universidad de Navarra, facultad de Historia, departamento de Historia del Arte.

Asiron, Joseba. *Palacios de Cabo de Armería navarros en Gipuzkoa*. Recogido de Nabarralde, de la web:

http://www.nabarralde.com/es/archivo/ekarpenak/3096-joseba-asiron-palacios-de-cabo-de-armeria-navarros-en-gipuzkoa

Duvivier, Benoit; Legaz, Amaia. 2002. *Latsaga. Une maison forte en Navarre*. Artículo sin publicar.

Enparantza, Mikel. 2017. *Nafarroako Erresumako Latsaga Gaztelu-Jauregiaren Analisi Transdiziplinarrerako Prestaketak*. Donostia: EHU-UPV, Tesis Doctoral (inédita).

García Arancón, María Raquel. 2000. *Archivo General de Navarra. Sección de Comptos. Registro nº1. (1259 eta 1266)*. San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.

Jimeno Jurío, Jose María. 1970. *El libro rubro de Iranzu*. Nº 31: 221–270. Pamplona: Príncipe de Viana.

Martinena, Juan José. 1994. *Castillos Reales de Navarra, siglos XIII-XVI*.

Pamplona: Editorial Gobierno de Navarra.

Martinena, Juan José. 2008. *Navarra. Castillos, Torres y Palacios*. Pamplona: Gobierno de Navarra.

Martinena, Juan José. (2014): El archivo Real de Navarra en la época medieval y su integración en la Cámara de Comptos, *Libro de Actas de la Conferencia Monarquía, Crónicas, Archivos y Cancillerías en los Reinos Hispano-cristianos*. Zaragoza.

Viollet-Le-Duc, Eugène-Emmanuel. 2003. *Military Architecture of the Middle Age*. Honolulu, Hawaii: Traducido por la Editorial University Press of the Pacific.

Yanguas y Miranda, José. 1840. *Diccionario de Antigüedades del Reino de Navarra*. III. Volumen, Pamplona: editorial Javier Goieneche.

Yuguero, Begoña. 2015. *Latsaga Gazteluko Arkitekturaren Arkeologiaren Analisia (Izura-Azme, Behe-Nafarroa)*. Donostia: EHU-UPV, Trabajo Fin de Máster (inédito).

El uso del hierro y del plomo en la arquitectura medieval valenciana

Arturo Zaragozá Catalán
Rafael Marín Sánchez

En el imaginario colectivo, la arquitectura medieval está construida exclusivamente con piedra. Y esta, además, debe de quedar vista. Seguramente la idea parte del supuesto y equivocado carácter *rústico* de dicha arquitectura, una idea alimentada en el siglo XIX por la influencia de algunos pensadores como John Ruskin (1849), según el cual «la verdadera arquitectura no admite el hierro como material de construcción».

En los últimos años el incesante descubrimiento de tirantes, grapas, cadenas, anclajes o mecanismos, tanto en la documentación de archivo como en las obras, ha hecho decaer este falso principio. El metal fue un material esencial en la construcción medieval como no lo había sido hasta entonces. De hecho, se ha llegado a hablar de la Edad Media como una nueva «Edad de los Metales» (Bork 2005) alentando el desarrollo de un floreciente campo de investigación.

Como señala dicho investigador, la metalurgia logró un amplio calado en el tejido social del momento siendo utilizada para la fabricación de una inmensa gama de artefactos de todo tipo: desde los puramente utilitarios, como las herramientas, armas y armaduras, hasta aquellos que daban distinción social a su poseedor o subrayaban la trascendencia mística del ajuar litúrgico.

Fue también en esta etapa cuando, gracias al incremento cualitativo y cuantitativo de la producción, los constructores comenzaron a explotar de muchas y novedosas maneras los valiosos recursos técnicos que ofrecían el plomo y el hierro. El primero se destinó principalmente a la fabricación de tuberías de drenaje; para el revestimiento de las techumbres de madera, el sellado de las juntas entre las piedras y la protección de las barras de metal. El segundo contribuyó, como es sabido, a *robustecer* las vidrieras; a *reforzar* las delicadas tracerías de piedra que las enmarcaban y a *coser* y dar estabilidad a las delgadísimas piezas que componían los pináculos, cuya factura resultaría imposible sin su valiosa contribución. A estas funciones, cabría añadir otras muchas como la fabricación de clavos, herrajes y accesorios de anclaje para el montaje de las armaduras de madera, algunas de ellas de gran complejidad y belleza.

Sin embargo, han pasado casi desapercibidas otras aplicaciones mucho más relevantes para la estabilidad estructural de las construcciones medievales. En Francia, donde como veremos estas investigaciones parecen haber sido particularmente intensas en los últimos tiempos, Viollet-le-Duc ya enumeró en el siglo XIX llamativos ejemplos en algunas voces de su célebre *Dictionnaire* como *Armature, Chaînage, Construction,* o *Serrurerie*.

Esta comunicación pretende llamar la atención sobre la presencia de elementos metálicos en las construcciones tardomedievales valencianas. Aquí es más inusual porque la confianza en las fábricas parece haber sido mayor. Siempre se ha preferido un contrafuerte a un tirante. No obstante, una reciente investigación sobre la escalera del coro de la iglesia arciprestal de Morella permitió constatar con asombro la existencia de algunos refuerzos y atados metá-

licos que contribuyen sustancialmente a su estabilidad. A partir de esta evidencia, se han reunido algunos de los ejemplos más relevantes ordenándolos por epígrafes en función de su participación en elementos estructurales (zunchos, cadenas, grapas y montantes); decorativos (atado de tracerías); de sujeción; y en la formación de mecanismos. Finalmente, se ofrecen algunas reflexiones sobre las diferencias entre el uso del hierro en el ámbito Mediterráneo y en el norte de Europa.

Zunchos, cadenas, grapas y montantes

El zuncho de la escalera del coro de la iglesia arciprestal de Morella

Los recientes análisis mediante ensayos no destructivos realizados en la monumental escalera de yeso labrado y policromado de acceso al coro alto de la iglesia arciprestal de Santa María de Morella (ca. 1426), han revelado unas conclusiones sorprendentes sobre las posibilidades de la utilización del hierro con fines estructurales (Zaragozá y Marín 2017a).

Esta escalera muestra una atrevida concepción espacial y técnica. Fue construida como un «caracol volado» de unos 6 metros de altura que se desarrolla alrededor de un pilar cruciforme hasta alcanzar una rotación dextrógira completa, sin apoyo estructural alguno por su perímetro exterior. Sus peldaños, excepcionalmente amplios, superan los cinco palmos de ancho (1,15 metros) en las zonas de mayor vuelo. El ámbito de circulación queda delimitado por un antepecho macizo de yeso endurecido que carga unos 120 kg por metro en el extremo de los peldaños.

La solución era de muy difícil o imposible construcción en piedra por los evidentes problemas estructurales que se habrían tenido que afrontar. Los estudios realizados mediante ensayos geofísicos y termografía infrarroja acreditan la existencia en el interior de su sección de un armazón estructural de madera muy elemental, formado por un número indeterminado de vigas leñosas empotradas en el pilar, seguramente reforzadas con jabalcones. Como complemento de aquellas el antepecho oculta en su interior una celosía de madera y metal que dota de estabilidad al conjunto.

Dicha celosía está formada por montantes metálicos y leñosos, trabados superior e inferiormente por cordones metálicos. Los pies derechos de acero emergen en algunos puntos del antepecho y han podido ser también detectados en otros lugares con ayuda de la termografía infrarroja y los ensayos geofísicos. El situado a la altura del quinto peldaño

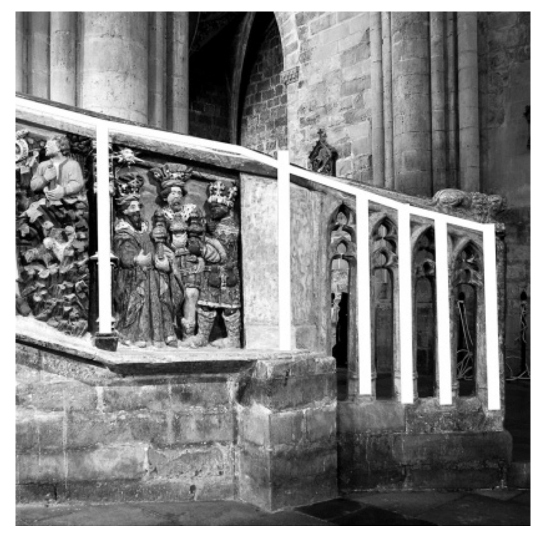


Figura 1
Arranque de la escalera del coro de la Arciprestal de Morella. Representación del barandal metálico embebido en ella.



Figura 2
Escalera del coro de la arciprestal de Morella. Hipótesis sobre la estructura de madera y metal que la sustenta.

tiene forma de «U» de 4 cm de lado y unos 6 cm de alma. Con ayuda de un detector de metales se ha constatado que el cordón metálico superior recorre todo el antepecho, desde el arranque hasta la coronación, a una distancia máxima del borde superior del barandal de unos 15 cm. Aunque no ha podido ser confirmada la existencia del cordón inferior, cabe suponerla en ese tramo de la sección sometido a mayores esfuerzos de tracción. Lo más llamativo es que esta compleja solución se emplaza en una comarca que solo había conocido anteriormente construcciones de piedra. Además, la utilización de uno o dos cordones de hierro para sujetar el helicoide al pilar señala una temprana aceptación de este recurso.

La cadena de la cuarta torre del Real Vell de Valencia y otros atados perimetrales

El desaparecido palacio real de Valencia (Gómez-Ferrer 2009) aporta una interesante noticia documental: el uso de cadenas y cinturones metálicos para contener los empujes de las bóvedas tabicadas que, por esas fechas, comenzaban a tenderse en las salas de las casas nobles del reino de Valencia en lugar de los forjados de viguetas de madera con un tablero superior. La función de esta interesante propuesta, que debe enmarcarse en el complejo proceso de experimentación vivido en ese momento, fue descrita de manera muy precisa en la capitulación de la cuarta de las torres reformadas, datada en 1428: «metre les barres de ferre per encadenar la dita torre per la volta sobirana ques a ha fer per ço que no puga empenyer les parets». Es decir, poner barras de hierro para encadenar dicha torre por la bóveda superior que ha de hacerse para que no pueda empujar a las paredes. El asiento contable confirma la provisión de «barres de ferro o cadenes de ferro», ratificando su colocación.

Un tardío contrato[1] de 1731 proporciona otra noticia similar. Este alude a la construcción de una estrecha escalera de caracol de ojo abierto, «de seis palmos de diámetro por lo interior de adentro y de porción circular y por la parte de afuera de porción pentagonal», para subir a la cubierta del cimborrio de la Seo valentina. Se previó la colocación de cinturones metálicos para contener los empujes del helicoide, formado por un «paredado de atobas y hyeso», sobre el esbelto muro perimetral de medio pie de espesor y casi 18 metros de altura. Y a tal fin, se ordenó disponer «tres barchillas de hyerro de a quatro dedos de anchas y un dedo de recias embebidas en la pared, y prendidas a los cabos en el pilar que se situare dicho caracol y embreadas con pez antes de ponerlas para que el robel [robín] no las maltrate, las quales barchillas han de estar la una en el primer cuerpo y las otras dos repartidas a proporción en el segundo cuerpo».



Figura 3
Detalle del cinturón metálico de la escalera de la casa del Arte Mayor de la Seda de Valencia

Aunque dicha escalera fue desmontada en 1979, se conserva una solución de atado muy similar en el ejemplar de la casa del Arte Mayor de la Seda de la misma ciudad, construida entre 1496 y 1506 (Aleixandre 1987, 2–3). Este caracol, emplazado en la sala noble de la institución, pudo servir de acceso a la tribuna de los músicos y a las cubiertas. Para asegurar su estabilidad, en algún momento se dispuso un cinturón metálico en su coronación que atraviesa la decoración del antepecho.

Los montantes de la fachada del trascoro de la catedral de Valencia

Hasta el año 1941 la primera visión que se tenía del interior de la catedral entrando desde los pies era la

fachada del trascoro. La misma formaba una gran pantalla de alabastro que cerraba la nave. Entre 1441 y 1446 el maestro Antoni Dalmau reconstruyó la parte arquitectónica de dicha fachada-retablo y en 1777 el cabildo acordó renovarla nuevamente, conservando en el mismo lugar los paneles de las escenas y trasladando la antigua estructura medieval al «Aula Grande Capitular para conservación *de estas memorias antiguas*». Eliminado definitivamente el coro del centro de la nave de la catedral en 1941, los paneles con las escenas se unieron de nuevo al marco para el que fueron construidas en la actual capilla del Santo Cáliz.



Figura 4
Fachada del trascoro gótico de la catedral de Valencia en su emplazamiento actual, en la capilla del Santo Cáliz.

Esta fachada-retablo se ordena mediante ocho grandes pináculos, compuestos por una macla de trece cañas desarrolladas conforme a las leyes de la cuadratura, que alcanzan toda la altura del retablo. Estos pináculos-pilares articulan sintácticamente, a modo de un orden gigante, el conjunto de las escenas. Lo novedoso del diseño obligó a sujetar con una estructura metálica la pantalla de alabastro. En las cuentas de la obra se registró la compra de «huyt verges de ferre ab gafes als caps per tenir les formes de la paret del portal del cor», es decir, ocho puntales o perchas de hierro con grapas en las cabezas para sujetar las formas de la fachada del trascoro (Gómez-Ferrer 1998).

Atado de tracerías

Las tracerías del coro de la iglesia arciprestal de Morella

La atrevida disposición del coro alto de la iglesia arciprestal de Morella, situado en el centro de la nave, apoyado en cuatro pilares preexistentes y dispuesto sobre una compleja bóveda construida sobre arcos escarzanos, fue una obra sin precedentes. El reciente análisis de su proceso constructivo revela un riesgo mal calculado: el apresuramiento en el montaje de las trabajadas enjutas de los frentes de los arcos y de la celosía del trascoro antes del descimbrado y asiento de la bóveda (Zaragozá y Marín 2017b). Sin duda, el montaje posterior habría evitado las deformaciones existentes. Si las tracerías permanecen en su lugar a pesar de las deformaciones es porque están sujetas con lo que en el vocabulario de la época se cita como *agulles* (agujas) para unir tracerías; *fils de ferré* (hilos de herrero) para añadir decoración menuda; y *gafes* (grapas) para atar piezas mayores. Todos ellos son visibles a corta distancia.



Figura 5
Detalle del «hilo de herrero» que une las pequeñas flores de remate a la tracería del coro de Morella.

La sujeción de las tracerías del cimborrio de la catedral de Valencia

El cimborrio de la Seo de Valencia es, en palabras de Street, uno de los mejores ejemplares que de su clase hay en España. El enorme fanal octógono se cierra con una bóveda de crucería compuesta por ocho nervios de piedra y plementería de ladrillo dispuesto a rosca. Tiene dos órdenes de grandes ventanales que ocupan el ancho de los paños y hacen de esta linterna una obra ligerísima, totalmente calada. Aparenta un gigantesco diseño de orfebrería al modo de las coetáneas custodias turriformes. Las placas de alabastro que cierran los vanos están aseguradas mediante complicadas tracerías. Dichas placas sustituyen a las todavía más ligeras vidrieras emplomadas medievales. La diferente proporción y decoración de los dos cuerpos hacen pensar que quizás se levantó en dos etapas.

El cimborrio ha sufrido numerosos problemas de estabilidad a lo largo de su historia, algunos de ellos bien documentados. Al parecer, en el año 1431 muchos de sus elementos se encontraban en muy mal estado, acaso afectados en parte por el terremoto de 1397 del que consta que se tuvieron que reponer algunas dovelas en los arcos de la catedral (Sanchís Sivera, 1909, 14). También son conocidos los importantes daños causados en los arcos, bóvedas y arbotantes de la catedral por el terremoto de 1748, conocido como *de Montesa*.

Los libros de fábrica recogen dos relevantes actuaciones de reparación. La primera de ellas fue acometida entre 1431 y 1433 mientras que la segunda tuvo lugar hacia 1731. En ambos casos son abundantes las anotaciones relativas al suministro de metal, plomo y piedra. El libro de obras de 1431 alude al deplorable estado del corredor interior del primer cuerpo, que «se desparedava tot», se deshacía todo. Una situación que se vio agravada en enero de 1432 tras un fuerte temporal con fuertes lluvias y vientos que, al parecer, pudo obligar a una renovación de gran calado (Miquel 2010b, 117). El temporal provocó el desprendimiento de muchas piedras que, en palabras de los propios maestros de la Seo, causaron un serio riesgo de colapso del mismo de manera que el cabildo ordenó que «fos reparada e messa a punt e totes les altres formes del cercle alt del dit cembori, e que totes se empostassen de nou», es decir, que fuera reparada y puesta a punto [igual] que todas las otras formas o tracerías del circulo alto del citado cimborrio y que todas se entablaran de nuevo.

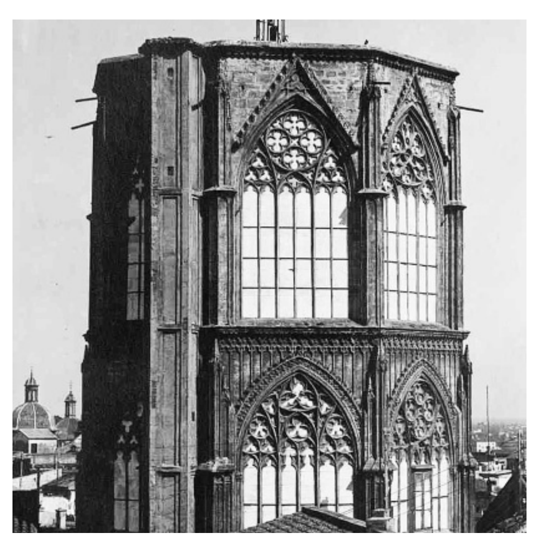


Figura 6
El cimborrio de la catedral de Valencia con la escalera construida en 1731. Imagen de Thomas (Sanchís Sivera 1909).

Parece que estos daños se concentraron principalmente en uno de los frentes del octógono; el de levante. Según el libro de fábrica[2] se colocaron 9,23 kg de «gaffes» o grapas engastadas con 18 kg de plomo, que se fueron incrementando entre 1432 y 1433 hasta alcanzar los 96 kg de hierro y 191 kg de plomo, acaso dedicadas también a otros paños con daños menos significativos. A estas se sumaron finalmente 498 kg de agujas de hierro.

El empleo de esta considerable cantidad de metal, teniendo en cuanta que era para un único frente y para una reparación, obliga a reflexionar sobre la capacidad mecánica aportada por este hierro a la estabilidad del cimborrio durante acciones extremas como los sismos. De hecho, la reciente tesis doctoral de la profesora Verónica Llopis Pulido (2014) pone en relevancia sus posibles problemas ante terremotos de cierta intensidad, cuya actividad parece haber existido.

Hoy no es posible determinar con seguridad qué elementos originales de las tracerías del siglo XV permanecen aún en su lugar. Una noticia de 1698 señala que, debido al desprendimiento de hierros y piedras del cimborrio al interior de la misma, el ca-

bildo ordenó construir una plataforma protectora de madera (Cortés 2014, 51). Treinta años más tarde, en 1731, se contrató[3] al maestro Joseph Navarro para que, entre otros trabajos, procediese a la demolición y sustitución mimética de las tracerías y los maineles del segundo cuerpo del cimborrio, que era el más dañado, extendiendo también dicha reparación a los elementos del primer cuerpo que lo necesitasen.

Las claraboyas del antepecho del campanario de la catedral; el apitrador del Micalet de la Seu

El remate de la torre de la catedral de Valencia también exigía unas condiciones similares de sujeción. En 1425, el maestro de obras de la catedral Martí Llobet encargó 21 arrobas (268 kg) de «gafes de ferre plom per licuar la dita obra», es decir, de grapas de hierro y plomo para licuar para dicha obra, como sistema de anclaje de las tracerías y claraboyas proyectadas como antepecho y remate de la cubierta de la torre del Miguelete (Sanchis Sivera 1909, 100; Miquel 2010b, 111–114). Considerando el relativamente discreto diseño del antepecho, que se conoce, cabe pensar si este hierro estaría destinado en realidad a zunchar el primer anillo de la aguja que entonces se proyectaba como remate de la torre.

Sujeción de piezas

Los escudos de la portada de la capilla real del convento de santo Domingo de Valencia

La Capilla Real del monasterio de Santo Domingo en Valencia, construida por el maestro Francesc Baldomar, es una obra capital de la arquitectura valenciana del cuatrocientos. La portada recayente al patio de entrada a la iglesia mayor posee tres escudos con restos de policromía donde hay «tres senyals, la hu d´Arago e l´altre de Sicilia e l´altre del realme», es decir, los escudos reales de Aragón, de Sicilia y de Nápoles (Zaragozá 1997). La detallada documentación de archivo de este edificio indica que se compraron «tres gaffes groses de ferre ab sos pius […] los quals se devien engastar en una volta del portal de la dita capella e pasar tota la pedra del dit portal». Estas piezas pesaron 63 libras (22,36 kg). La oxidación del metal ha provocado la rotura parcial los escudos, por lo que su presencia no admite dudas.



Figura 7
Restos del antepecho del Miguelete, según J. Cortina (1895). Archivo Municipal de Valencia



Figura 8
Señales de Aragón y de Sicilia en la portada en la portada de la capilla real del monasterio de Santo Domingo de Valencia

El anillado de los pilares de la sala capitular del convento de santo Domingo de Valencia

La sala capitular del convento de predicadores de Valencia apea sus bóvedas en unos pilares cuya asombrosa esbeltez desafía y contradice las normas de construcción actuales. Las columnas recayentes a la entrada tienen los fustes inferiores agrietados y anillados. Aunque en este caso se carece de documentación, los daños podrían haberse producido por un asiento diferencial en el momento del descimbrado. De hecho, el muro más débil de la sala es el que recae a estos pilares y se corresponde con la puerta y las ventanas. La solución de anillado, en cualquier caso, es asimilable a las otras noticias documentales aquí recogidas.



Figura 9
Solución de anillado de una de las columnas de la sala capitular del monasterio de Santo Domingo de Valencia

La sujeción de la clave de madera de la capilla mayor de la catedral de Valencia

Al final de la Edad Media las claves de bóveda se multiplicaron y adoptaron una disposición en pinjante. Una solución frecuente para los edificios existentes fue incorporar a la clave antigua una nueva clave de madera esculpida y/o pintada por medio de un sistema de bayoneta o mediante ganchos de hierro (Zaragoza e Iborra 2005).

La instalación de la nueva clave de bóveda, hoy desaparecida, de la capilla mayor de la catedral de Valencia, es un buen ejemplo de ello. Esta, además, cuenta con una detallada documentación en el archivo de la catedral, cuya noticia debemos a Matilde Miquel[4]. La obra se realizó entre febrero y agosto de 1432. Se compraron diversas piezas de madera para labrar la clave y se unieron con 6 agujas de hierro grandes y gruesas. Posteriormente, se trabajó en la *reclau,* que parece haber sido una chambrana alrededor de la imagen. Aquí volvieron a utilizarse agujas de hierro y diversos tipos de clavos, algunos con la cabeza dorada. La clave se instaló en la bóveda mediante «hun pern gros de ferre per a la clau lo qual ab sa moleta e piu». Es decir, con un grueso perno de hierro que pesó «tres roves e VIII liures» (41,18 Kg). Una noticia curiosa, es el empleo de púas de latón para evitar que las palomas se escondiesen sobre la clave, cosa que actualmente también se utiliza. Este dato también indica el carácter pinjante de la clave.

Mecanismos

Las puertas del portal de los apóstoles de la iglesia arciprestal de Morella

El portal de los apóstoles de la iglesia arciprestal de Morella fue el primer conjunto de escultura monumental gótica valenciana. Parece haberse comenzado hacia 1310. Los batientes están formados por dos hojas de 1,88 por 5,35 m. de madera claveteada con listones componiendo al exterior estrellas de ocho. Estas hojas cuelgan, mediante tres anillas cada una, a modo de bisagras, sobre ganchos instalados en el muro, junto a las jambas. El gancho inferior apoya en una barra de hierro de 1,30 m de altura con una pata de cabra en su base que descansa en el suelo, eximiendo a la jamba de recibir la mayor parte de la tensión concentrada en dicho gancho inferior.

Además, esta original disposición acorta la dimensión del eje de la puerta y, en consecuencia, también el momento de vuelco y el empuje que se produciría sobre el dintel en el caso de apoyarse con el universal sistema de quicialeras. Es posible que esta ingeniosa y metálica solución se haya inventado para evi-




Figura 10
Portal principal de acceso a la arciprestal de Morella. Vista frontal y lateral de la barra de hierro que recibe la anilla inferior de la puerta

tar esfuerzos al dintel, que está partido. Una lesión causada probablemente durante su primera entrada en carga, tras sufrir un asiento diferencial recientemente identificado por el arquitecto Vicente Dualde. Esta solución no hubiera sido posible sin la generosa utilización del hierro.

La grúa utilizada para la construcción de la capilla real del convento de santo Domingo de Valencia

La documentación de la capilla real del antiguo convento de Santo Domingo de Valencia, suministra el documento del pago por los elementos metálicos para la construcción de la novedosa grúa, necesaria para la obra de dicha capilla (Zaragozá 1997). El documento está fechado el cinco de septiembre de 1448. En él se cita, entre otras cosas, «hun pern gran e gros acerat, lo qual se ha de engastar en lo arbre de la dita grua sobre lo qual lo dit arbre deu ballar», es decir, un perno grueso y grande acerado que debe engastarse en el árbol de dicha grúa. Sobre este perno el árbol de la grúa debe bailar o girar «hun dau gros de ferre acerat, lo qual deu ballar lo dit pern», un dado grueso de hierro acerado en el que debe bailar o girar dicho perno.

El documento prosigue describiendo «dos altres perns o corrons grosos de ferre acerats, los quals se deven engastar en lo dit arbre on ballara la roda de la dita grua e han-se engastar en cascun cap del dit arbre. Item, dos lengons grosos de ferre acerats, en los quals propdits perns han de ballar», es decir, dos pernos o cilindros gruesos de hierro acerado, los cuales se deben engastar en el árbol en el que girará la rueda de la citada grúa; Deben engastarse en cada una de las cabezas de dicho árbol. Ítem dos lengüetas gruesas de hierro acerado, en las cuales los citados pernos han de girar.

Además, alude a unas planchas para reforzar el árbol de la grúa y el árbol de la rueda, a clavos y pasadores para construir el armazón de la grúa. Y también cita «cinch altres perns de ferre, los quals han ésser engastats en lo mig de l'arbre major de la dita grua», otros cinco pernos de hierro, los cuales deben ser engastados en el árbol mayor de dicha grúa. Estos últimos cinco pernos podrían señalar que se trata de una pluma basculante con respecto a su eje vertical y horizontal. En total se emplearon en la grúa 94 kg de hierro acerado.

El hierro, la madera, la cal y el yeso

Los ejemplos mostrados anteriormente acreditan una significativa presencia del hierro en la construcción medieval valenciana. Lo reafirma, igualmente, el preciso vocabulario utilizado en la documentación: *fil de ferre* (alambre); *agulles* (agujas); *barres* (barras); *landes de ferre* (planchas de hierro); *verges de ferre* (puntales o perchas de hierro); *pern* (perno); *gafes* (grapas); *cercols* (anillos); *golfs* (goznes); *pues de lauto* (púas de latón); etc.

Valencia se nutría mayoritariamente de «tochos y barras» de «ferro de Vizcaya», cuyo mineral era mucho más rico que el germano. También se recibía material de la siderurgia germánica, lombarda y ligur, que llegaba a Valencia y Barcelona a través de Pisa, Savona y Génova. A veces se importaban productos acabados: clavos de diversas tallas y formatos, cuchillos, piezas de armaduras, etc., conocidos como «mercie di Milano» (García e Izquierdo 2013, 179).

El dominio de la técnica de trabajo del metal resulta indudable, vista la presencia de talleres que reali-

zaron mobiliario y rejas de auténtica excelencia artística que no han sido tratados aquí por ser ya conocidos de antiguo (Sanchís Sivera 1922; Tramoyeres 1907). Estos trabajos eran conocidos y admirados en su época y algún maestro como Aloy Pont alcanzó gran celebridad. Elemental prueba de ello es el pequeño dragón realizado en 1430 por dicho maestro para el remate de una de las rejas de la biblioteca de la catedral de Valencia.



Figura 11
Dragón de una reja de la biblioteca de la catedral de Valencia, realizado en 1430 por Aloy Pont

Con todo, la presencia de elementos metálicos en la arquitectura francesa parece haber sido considerablemente mayor y más temprana, como queda patente en la extensa bibliografía desarrollada sobre el tema. Alain Erlande-Brandeburg (1996, 47–48), ha llegado a manifestar que el uso de elementos metálicos fue consustancial a la arquitectura del gótico radiante. Para ilustrar su afirmación estudió algunas de las obras enumeradas por Viollet-le-Duc como los complejos refuerzos metálicos de zunchado de la Santa Capilla de París (1248); los encadenados embutidos en plomo de Notre-Dame de París (1163–1345); o el uso de codales de hierro en Saint Nazaire de Carcasona, además del refuerzo de las tracerías de la aguja de la catedral de Friburgo.

Especialmente valiosa resulta la continuación de estos trabajos por Pérouse de Montclós (1972), quien llevó a cabo un interesantísimo análisis técnico y lexicográfico de numerosos documentos medievales, identificando seis variantes de armaduras metálicas empleadas durante la edad Media: abrazaderas, soportes, tacos, cadenas, barras de acoplamiento y grapas que describen con claridad su relevante función constructiva.

Más recientemente, Philippe Bernardi yPhilippe Dillmann han investigado las soluciones del Palacio Papal de Aviñón, acreditando la enorme cantidad de hierro de utilizado en la construcción de este complejo y la valiosa función que ejercen los grandes tirantes utilizados para asegurar la estabilidad general de la gran sala de audiencia y la capilla. Particularmente interesantes resultan los trabajos liderados por Maxime l'Héritier y Arnaud Timbert quienes, en la última década, han ampliado significativamente el listado de construcciones de tales características obteniendo de ellos incontables datos documentales y arqueológicos. El equipo formado por L'Héritier, Dillmann, Timbert y Bernardi (2012) a partir de la investigación documental de unas 120 referencias que abarcan desde mediados del s. XIII hasta mediados del s. XVI, han recopilado, de manera muy ilustrativa, los verbos que especifican en cada caso el uso que se pretendía dar al metal. Entre otros citan: sostener, enlazar, conectar, grapar, clavar, anclar, suspender o reafirmar. Todos ellos parecen evidenciar una función constructiva y estructural de cierta relevancia que también confirman las obras.

Aunque en España las investigaciones sobre el uso del metal estén más atrasadas parece evidente que su empleo en época medieval fue menor, al menos en el ámbito mediterráneo. En Valencia los tirantes vistos brillan por su ausencia. Así, parece dibujarse una Europa medieval de la madera y del hierro frente a otra mediterránea de la argamasa de cal y del yeso. Esta última parece haber apostado por perfeccionar o aligerar la estructura de fábrica eludiendo la necesidad de estos suplementos metálicos, cuya introducción en dichos territorios se retrasó hasta los umbrales del siglo XV. La invención de la bóveda tabicada es un ejemplo de ello. Y también una excepción dentro de las estructuras de albañilería que, por sus particulares condiciones de resistencia y ejecución y sus diversos referentes tecnológicos, merecerían un capítulo aparte.

Seguramente puede repetirse la leyenda del frontispicio del tratado de Serlio: *Roma quanta fuit ipsa*

ruina docet, es decir, lo que fue Roma lo revelan sus ruinas. En este caso no aplicado a la teoría de los órdenes, o a los estilos, sino a la construcción. Allí donde quedaron restos de las fuertes argamasas y los finos estucos romanos, éstos gozaron de un aprecio que la aplicación de nuevos materiales no siempre logró. Únicamente al final de la Edad Media, con la internalización del comercio y de las formas, parecen haberse divulgado entre nosotros.

Notas

ACV, Juan Claver. Año 1731, 2ª parte, sign. 3215, fol. 699r–702r.

ACV, Libro de obras. Sign. 1479. Año 1431, fol. 36v–37r y año 1432, fol. 24v–27r.

ACV, Juan Pahoner. Tomo I. Sign. 377, fol. 140 [00000283.jpg] y Juan Claver. 1731, 2ª parte. Sign. 3215, fol. 693–707.

ACV, Libro de obras. Sign. 1479. Año 1431–1432. Fol. 46r–49r y año 1432–1433, fol. 34r–44r.

Referencias

Aleixandre Tena, Francisca. 1987. *Catálogo del Archivo del Colegio del Arte Mayor de la Seda*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Bork, Robert (Editor). 2005. *De re metallica. The uses of metal in the midle ages*. Aldershot, Inglaterra: Ashgate.

Cortés Meseguer, Luis. 2014. *La construcción del proyecto neoclásico de la catedral de Valencia*. Tesis doctoral inédita. Valencia: Universitat Politècnica de València.

García Marsilla, Juan Vicente e Izquierdo Aranda, Teresa. 2013. *Abastecer la obra gótica. El mercado de materiales de construcción y la ordenación del territorio en la Valencia tardomedieval*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 1998. La cantería valenciana en la primera mitad del XV. El maestro Dalmau y sus vinculaciones con el área mediterránea. En *Anuario del departamento de Historia y Teoría del Arte*, v. IX-X, 1997–98, 91–105. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2009. Intervenciones de reconstrucción y restauración en El Palacio Real de Valencia durante el siglo XV. En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 629–637. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

L'Héritier, Maxime et alii. 2012. The Role of Iron Armatures in Gothic Constructions: Reinforcement, Consolidation or Commissioner's Choice. En *Nuts & Bolts of Construction History: Culture, Technology and Society*, v.3, 557–564. Paris: Picard.

L'Héritier, Maxime. 2007. *L'utilisation du fer dans l'architecture gothique: les cas de Troyes et de Rouen*. París: Universite Paris i Pantheon-Sorbonne

Llopis Pulido, Verónica. 2014. *La Catedral de Valencia: construcción y estructura. Análisis del Cimborrio*. Tesis doctoral inédita. Valencia: Universitat Politècnica de València

Miquel Juan, Matilde. 2010a. Entre la formación y la tradición: Martí Lobet a cargo de las obras de la catedral de Valencia. En *Espacio, Tiempo y Forma*, VII, t. 22–23, 13–44. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Miquel Juan, Matilde. 2010b. Martí Lobet en la catedral de Valencia (1417–1439). La renovación del lenguaje gótico valenciano. En *Historia de la Ciudad*, IV, 104–126. Valencia: Colegio Territorial de Arquitectos.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie. 1972. *Architecture. Méthode et vocabulaire*. Paris: Éditions du patrimoine.

Ruskin, John. 1849. *The seven lamps of architecture*. London: The Waverley Book Company.

Sanchís Sivera, José. 1909. *La catedral de Valencia*. Valencia: Imp. Francisco Vives Mora.

Sanchís Sivera, José. 1922. Contribución al estudio de la ferretería valenciana en los siglos XIV y XV. En *Archivo de Arte Valenciano*, nº 8, 73–103. Valencia: Real Academia de Bellas Artes de San Carlos.

Soler Verdú, Rafael y Zaragozá Catalán, Arturo. 2009. La sala capitular del monasterio de Predicadores de Valencia y las salas medievales con pilares de gran esbeltez. En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 1371–1380. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Timbert, Arnaud; L'Héritier, Maxime. 2015. De la reproduction à la réinterprétation des modèles dans l'architecture: quel usage du métal à l'époque gothique? En *apprendre, produire, se conduire: le modèle au Moyen Âge.* XLVe Congrès de la SHMESP. Paris: Publications de la Sorbonne.

Timbert, Arnaud. 2006. *L'home et la matière. L'emploi du plomb et du fer dans l'architecture gothique. Actes du coloque*. Noyon: Picard.

Tramoyeres Blasco, Luis. 1907. *Hierros Artísticos. Aldabones valencianos de los siglos XV y XVI*. Barcelona: Tipografía de J. Vives.

Zaragozá Catalán, Arturo y Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2007. *Pere Compte, Arquitecto*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo e Iborra Bernad, Federico. 2005. Otros góticos: Bóvedas con nervios de ladrillo aplantillado y de yeso, nervios curvos, claves de bayoneta, plementerías tabicadas, cubiertas planas y cubiertas inclinadas. En *Historia de la Ciudad*, IV, 70–88. Valencia: Colegio Territorial de Arquitectos.

Zaragozá Catalán, Arturo y Marín Sánchez, Rafael. 2017a. La escalera del coro de la iglesia arciprestal basílica de santa María de Morella. En *Artigrama*, 31, en prensa. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Zaragozá Catalán, Arturo y Marín Sánchez, Rafael. 2017b. El coro de la iglesia arciprestal basílica de Santa María de Morella. En *Actas del Simposio Internacional Obra Congrua 1416*, 331–342. Girona: Universidad de Girona.

Zaragozá Catalán, Arturo; Tortosa Robledo, Luisa y Robledo Alba, Mª Carmen. 1997. *La capilla real del antiguo monasterio de Predicadores de Valencia*. Valencia: Generalitat Valenciana.

El túnel bajo La Rada: 500 metros que unen La Habana

Lynne Zayas Rubio

San Cristóbal de la Habana fue fundada el 16 de noviembre de 1519 en las cercanías del puerto de Carenas[1], debido a que dicho puerto resguardaba a los navíos de ataques de piratas y corsarios, y del clima. Con el paso del tiempo, la bahía cesó de ser un simple puerto de tránsito a ser uno de los destinos más utilizados entre la metrópoli española y sus colonias en el continente americano; lo que conllevó al desarrollo de la ciudad y de la sociedad habanera, expandiéndose más allá de su Muralla de Tierra[2].

La Habana está ubicada al Oeste de Cuba, y se comunica con la mayoría de las provincias restantes del país por medio de su territorio Este. Dicha comunicación era difícil y tortuosa puesto que se realizaba en gran medida por la Avenida de Atarés[3] por el área Sur de la bahía atravesando cruces de ferrocarril a nivel, calles estrechas de la ciudad antigua y tres ensenadas; por lo que el recorrido también era considerablemente extenso. Para principios del siglo XX, comienza el período republicano[4], lo que trajo como consecuencia un auge constructivo, tecnológico e industrial voraz; que en sólo 50 años llevó a la ciudad al límite del desarrollo posible hacia el Oeste,

A finales de la década de los 40, el gobierno estaba analizando las posibilidades de expansión hacia el Este con el objetivo de comenzar la explotación de ese territorio. Comienzan entonces, a presentarse proyectos de puentes y túneles como formas de conexión entre la ribera Este y Oeste de la ciudad.

¿Puente o túnel?

Los 25 kilómetros a recorrer para llegar al lado Este de la ciudad propició que esa zona estuviese prácticamente despoblada. Las codiciadas playas del Este de arenas blancas y cálidas aguas; llamaron la atención del gobierno y de los diferentes propietarios, que para finales de la década de 1930 habían recibido muchas ganancias relacionadas con los negocios de turismo, recreación, ocio y juego.

En 1949, el presidente Carlos Prío Socarrás[5]; solicitó un empréstito de 100 millones de dólares a los bancos estadounidenses (Popular 1949), con la excusa de realizar obras públicas necesarias para la urbe. El proyecto verdadero, sin embargo, era la creación de una conexión expedita desde la Habana hacia la zona Este, donde sería creada una ciudad turística y un aeropuerto internacional por la celebración en 1952 de la Exposición Internacional en La Habana (Varona 1949).

Una de las variantes de conexión considerada fue la de un puente; la cual había sido analizada desde comienzos del siglo pasado. Sin embargo, tenía como desventaja que en caso de desplome bloquearía la bahía por algún tiempo. Un túnel, por el otro lado, permitía mantener las visuales hacia la ciudad y el acceso libre a la bahía; pero era una solución más compleja y costosa. En 1949, el presidente Prío contrata a la Rader Knaden Tipptts Engeneering Co. para que estudiaran ambas posibilidades y finalmente se decide la construcción de un túnel, dada ser esta la

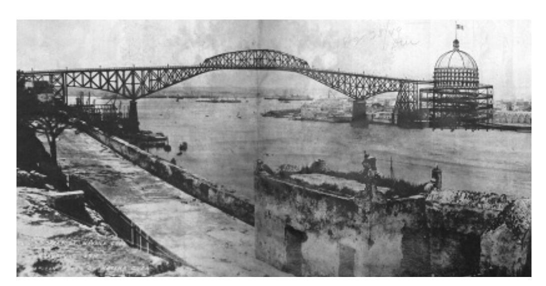


Figura 1
Propuesta de puente para la Bahía de La Habana a principios del siglo XX. (Foto cortesía Fototeca de la Universidad San Gerónimo, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

solución más ventajosa. En septiembre, sería aprobado el empréstito por la suma de 200 millones de dólares (Aramis Taboada 1949); no obstante, el túnel no se construyó.

En 1952 Fulgencio Batista, general del ejército de la República, daría un golpe de estado. Una vez más sería estudiada la conexión Este-Oeste de La Habana, ya que el nuevo presidente quería dejar su huella trascendente en la urbe. Una vez más un túnel y no un puente, resulta ser la opción más adecuada, según José Menéndez[6]:

> Cualquiera de las distintas ubicaciones dadas al puente, o crea problemas de expropiaciones, o resta belleza a las espléndidas perspectivas de la Avenida del Puerto, sin contar con el propio cruce de la bahía es un punto polémico estéticamente considerado. Lo anteriormente expuesto nos permite concluir: primero, que es necesario… disponer de un medio de fácil comunicación en La Habana actual y el Este, … y segundo, que este medio no puede ser otro que un túnel, construido bajo el canal de la bahía de La Habana. (Menéndez 1957)

Por la Ley-Decreto No. 1550, el 4 de agosto de 1954 se le encarga a la Comisión de Fomento Nacional la redacción del informe que fijase las condiciones de proyecto para construir un túnel submarino en el canal de acceso de la bahía de La Habana. Una Subcomisión constituida por prestigiosos especialistas en proyectos y construcciones estructurales, viales, hidráulicas y eléctricas; fue creada para asegurar que se resolviera con éxito la totalidad de los variados problemas que se pudiesen presentar en un proyecto de tal envergadura. También fue creada la Compañía de Fomento del Túnel de la Habana, S.A; la cual en conjunto con la Financiera Nacional de Cuba emitieron los valores y bonos que permitieron la ejecución de la obra. La entidad responsable de la construcción y montaje de la obra, y de la alta supervisión administrativa; fue la compañía contratista Société des Grands Travaux de Marseille; la inspección al pie de obra quedó a cargo de la Frederick Snare Corporation, y la superior dirección y supervisión técnica quedaron en manos de la Comisión de Fomento Nacional según la Ley-Decreto mencionada anteriormente (Dionisio Suarez de la Portilla 1959).

El túnel bajo la rada habanera

Ubicación

Una mayor eficiencia en el funcionamiento de un túnel depende en gran medida, no sólo de sus características sino de la ubicación de sus accesos. Las premisas que se establecieron para condicionar la ubicación fueron las siguientes: primero, la proximidad a una vía de amplia capacidad que formará parte de la red primaria de circulación de la ciudad. Segundo, la facilidad para distribuir el tránsito en distintas direcciones. Tercero, el alejamiento de las calles que tuvieran alta densidad de tránsito. Cuarto, la eliminación de las expropiaciones, o reducción de éstas al mínimo (Menéndez 1957).

De acuerdo a estas premisas, las ubicaciones seleccionadas para la ejecución de los accesos fueron el parque Máximo Gómez[7] en el lado Habana, y la loma entre las Fortalezas del Morro y la Cabaña[8] en el lado Este. El primero tenía como ventaja: su lejanía de las zonas de gran congestión de tránsito, la facilidad de distribución del volumen de vehículos sin interceptar calles congestionadas, su proximidad a la Avenida del Puerto y a la zona situada al otro lado de la rada, y la cantidad mínima de expropiaciones a realizar. Como el subsuelo de esa área no difería del de otras ubicaciones, las dificultades constructivas eran las mismas. Por otro lado, el segundo, estaba ubicado en una zona despoblada próxima a la Avenida Monumental y la Vía Blanca, lo que permitiría el tránsito rápido desde la ciudad hacia las playas del Este y el resto de las provincias que en esa dirección estuviesen.

Capacidad del túnel

Los factores que determinaron la capacidad del túnel fueron: el número de vías, la alineación, la pendiente y los accesos. De acuerdo con estos factores y estudios de tráficos realizados en la década de 1950, se estimó que cuatro vías serían suficientes para las funciones del túnel en un período de 40 años aproximadamente; período de tiempo durante el cual se desarrollaría la ciudad hacia el Este.

Como la zona a urbanizar no sería industrial sino residencial, lo que condicionaba un tránsito de vehículos ligeros y de pasajeros, y la longitud del túnel era corta; se decidió establecer como pendiente máxima del túnel 5.75% para una anchura de vía de 7.30 m, lo que permitía una capacidad máxima de 1 500 vehículos por hora en cada vía.

Proyecto y ejecución

El proyecto presentado por la Société des Grands Travaux de Marseille cumplía todo lo propuesto en las premisas por parte de la Comisión de Fomento Nacional y presentaba un túnel cuya longitud total era aproximadamente de 1 600 m, comprendiendo los accesos Oeste [Habana] y Este [Zona de Peaje].

El túnel permitió el paso de cuatro pistas de tráfico de 3.35 m de ancho cada una, agrupadas de dos a dos y separadas por una pared medianera a la que se adosan dos aceras de 0.90 m de ancho destinadas a la vigilancia del túnel. La pared medianera posee aberturas de 1.20 m de ancho y 2.20 m de alto cada 12 m para asegurar la conexión entre una acera y la otra. El gálibo vertical mínimo es de 4.25 m a la derecha del contén que limita lateralmente las pistas.

El perfil longitudinal del túnel debía salvar el canal de acceso al puerto de La Habana en un ancho de 100 m y 170 m, en cotas de –14 m y –12 m, respectivamente. Estas condiciones y la posibilidad de acceso llevaron a fijar el punto más bajo de pavimento en la cota –21.10 m. Para solucionar esto se propuso emplear cajones de hormigón presforzado, sin los cuales el proyecto hubiese tenido una cota más baja de pavimento y una mayor área de rampas de acceso.

La preocupación fundamental fue la de reducir al máximo las curvas y la longitud del túnel, por ello en el proyecto aparecen ambos accesos, desprovistos de

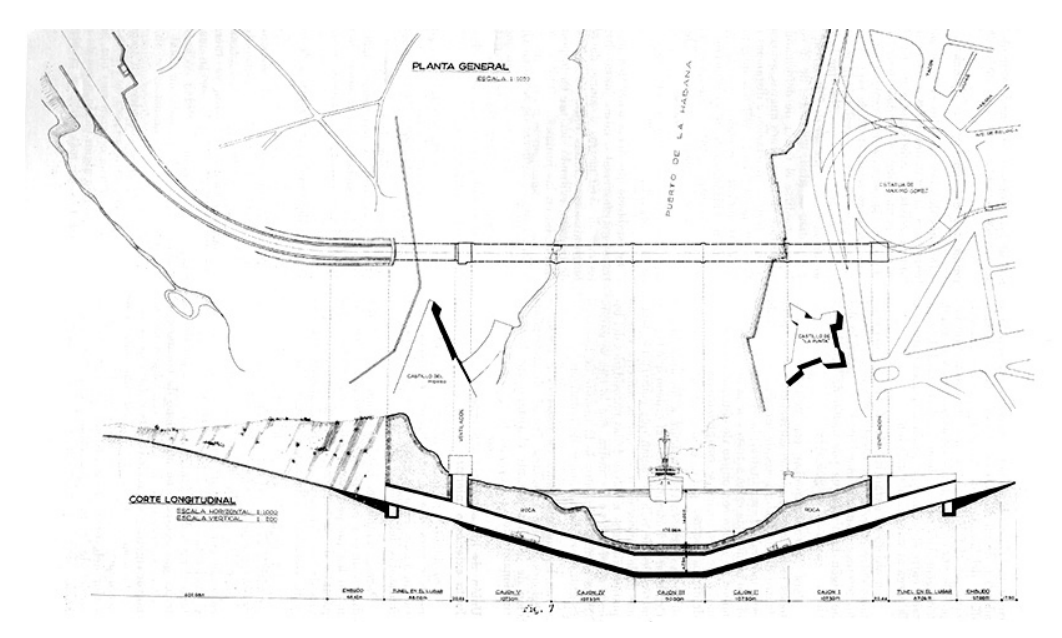


Figura 2
Plan General y corte longitudinal del proyecto. (Foto cortesía Biblioteca Arquitectos Fernando Salinas y Mario Coyula, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

cubiertas; por lo que se alcanzan sólo 733 metros de longitud y se realiza una sola curva de 100 metros de radio con un largo de 87.06 metros. Un vehículo podría atravesar el túnel a 60 km / h en sólo 44 segundos.

El 19 de septiembre de 1955 comenzaron las obras de construcción del Túnel bajo la bahía de La Habana. Este tendría tres tramos, comenzando por ambos accesos fabricados de hormigón in situ y cinco cajones de hormigones presforzados que harían el recorrido submarino. Comenta Juan de las Cuevas:

> …el tramo de la ribera Oeste, lado Habana, donde el suelo es llano y formado por roca coralífera y relleno reciente [de principios del siglo XX]. La travesía marina y la parte situada en la ribera Este, donde el suelo rocoso y escarpado se eleva a 20 m sobre el nivel del mar en unos 100 m de costa. (Toraya 2011)

Arribos del túnel en la ribera habanera, al Oeste

La poca diferencia de altura respecto al nivel del mar en esta área, siendo en su cota máxima de 2.00 metros y la frecuencia con que el oleaje cubría esta área, constituyeron uno de los primeros desafíos del acceso en el lado Oeste de la bahía. Si se excavaba demasiado se alcanzaba el nivel del agua del mar y la imposibilidad de un drenaje fácil, y si se elevaba el acceso sobre el terreno natural; entonces las distancias para alcanzar las pendientes adecuadas se hacían muy extensas; sin contar que la solución constituiría una pantalla que privaría las visuales de la ciudad.

La solución definitiva de los accesos fue aprobada por la empresa contratista y la Subcomisión. Con distintos niveles en forma de «orquídea» (Menéndez 1957) con curvas que circundan el monumento del Generalísimo[9] para salvar las pendientes[10]. El tránsito de vehículos se efectúa por tres entradas y tres salidas, enlazadas a los dos sentidos de la circulación de Malecón, Zulueta y la Avenida de las Misiones [11]; sin pasos a nivel ni cortes de tráfico.

Para alcanzar este resultado se emplearon cuatro puentes de hormigón precomprimido y uno de hormigón armado de un gálibo reducido de 2.50 m el cual permite el paso solamente a automóviles; mientras que los otros también permiten el de vehículos más pesados.

Todas las entradas y salidas son de dos vías. Siendo sus pendientes y radios verticales de empalme limitados a 5.0% y 500 m, a lo largo de todas las entradas y salidas; salvo la salida de Zulueta, cuya pendiente es de 4.8% en 54.07 m de largo. El conjunto baja seguidamente hacia la portada del túnel en una calzada de 4 vías de 15 m de ancho con una pendiente de 5.0% y curva de 71 m de radio.

Debido a la disposición en planta, el conjunto preserva los jardines que rodeaban al monumento de Máximo Gómez, realzándolo debido a su ubicación al centro de la circunferencia del «súpertrébol» (Toraya 2011) u orquídea.

Arribos del túnel en el lado Este, La Cabaña

La solución era de más fácil ejecución puesto que el túnel salía en corte en la loma existente entre el Morro y la Cabaña, y se disponía de más espacio para hacer el enlace con la Avenida Monumental. Este acceso fue previsto de manera descubierta para integrarlo al acceso a la fortaleza del Morro que fue completamente conservado. Asimismo, para que los usuarios del túnel después de una travesía de 733 m se volviesen a encontrar al aire libre y a la luz. En ese punto se realizaría el enlace con la Avenida Monumental que conecta con la Vía Blanca, de 2 km de longitud; costeado por los dueños de los terrenos de acuerdo con las zonas de influencia del Túnel.

Debido a que la roca caliza encontrada en el corte, de más de 20 metros de altura, no era compacta y se podían producir desprendimientos, fue necesario la realización de un recubrimiento de los taludes con hormigón hasta la cota de 7.0 m. En ese punto se realizó una berma de 4.0 m de ancho a cada lado. A partir del pie de la berma se aumentó la inclinación de los taludes a 45º y se redondearon finalmente el encuentro del talud con el terreno en forma de colina natural (Dionisio Suarez de la Portilla 1959); ganando así, una mayor estabilidad de los taludes.

Con una pendiente de acceso de 5.75%, la rampa de entrada Este tiene una parte recta situada en la prolongación del túnel y una curva de 320 m de radio. El ancho constante de la calzada de 4 vías es de 15.0 m.

El corte de la montaña donde se encontraba, las labores realizadas contra los desplomes rocosos, el valor histórico de las fortalezas entre las que se hallaba, y las visuales hacia la ciudad que no podían ser perturbadas; eran algunos de los problemas a considerar

en el proyecto para la portada del túnel que, por ende, era el acceso a la ciudad. A pesar de esto, tuvo varias propuestas emitidas por prestigiosos estudios de arquitectura del momento; variando la estética desde clásicas propuestas por el arquitecto José Menéndez, hasta soluciones modernas como la del arquitecto Sallés. Finalmente, a sugerencia del presidente de la Compañía de Fomento del Túnel de La Habana, S.A; se acordó que la solución fuese resuelta por el arquitecto Von Szalay, quien luego de varias propuestas resolvió la fachada en tres arcos que van bajando su altitud, sin afectar las visuales ni interponerse ante los valores de las fortalezas; manteniendo la sensación de apertura al aire libre que tenía el acceso desde un inicio, y empleando las bermas y taludes como apoyos.

Trabajos de excavación, dragado e impermeabilización del suelo

Las calas que se realizaron en el terreno dieron como resultado una formación de roca coralina, con intrusiones de material blando y muchas oquedades y fisuras que la hacían muy permeable. Por esta razón la Comisión decidió emplear el sistema de inyecciones de cemento [grouting] en la roca para impermeabilizarla (Menéndez 1957) en las partes del túnel que se construirían en el lugar, correspondientes a los edificios de ventilación y desde estos, hasta los portales del túnel.

Para llevar a cabo la correcta elaboración y colocación de los cajones prefabricados en su sitio definitivo fue necesario la realización de un dique seco donde se pudiesen prefabricar, presforzar los cables de acero que componían los cajones, y probar la estanqueidad de los mismos. Este también tuvo el mismo tratamiento de impermeabilización por inyección de cemento.

Para realizar las labores de impermeabilización se contrataron los servicios de la empresa francesa Soletanche, que utilizó a su vez, 6 bombas de inyección Gardner Denver, siendo cuatro de ellas de doble efecto. La Compañía Perforadora Panamericana, de origen cubano, sería la encargada de realizar las perforaciones y excavaciones para el dique; y más tarde para la colocación de los cajones en el lecho marino.

Para realizar el dique se emplearon 12 máquinas perforadoras Longyear, se hicieron más de 56 000 m de perforaciones hasta profundidades de 20 m y se inyectaron más de 30 000 toneladas de productos tales como cemento, bentonita, silicatos y arena. El dique seco quedó construido 6 meses después de iniciadas las labores, ostentando 150 m de largo por 65 m de ancho y 9 m de profundidad bajo el nivel del agua.

Los aproches de ambos lados, de 200 m de longitud por 25 m de anchura y profundidad máxima de 10 m bajo el nivel del mar, permanecieron secos por medio de bombeo de grandes volúmenes de agua. En la ribera Este y Oeste, se bombearon 500 m^3 por hora, y 3 000 m^3 por hora respectivamente, a causa del suelo fracturado. El explosivo empleado para las perforaciones fue dinamita Dupont de Nemours Gelex 60% y detonadores eléctricos de acción retardada entre 0 y 250/1 000 s, con lo que se reducían al mínimo los efectos vibratorios que pudiesen afectar a las edificaciones de la ribera habanera, próximas al área de trabajo.

La forma de hacer las perforaciones en el lecho marino fue diferente puesto que con cada detonación el lecho coralino de deshacía. Se intentó hacer la detonación en un tubo o «camisa» (Ferrán 2007) de hierro, pero cuando se retiraban las barrenas el pozo



Figura 3
Dique en la ribera Oeste. Bombeo de agua. (Foto cortesía Fototeca de la Universidad San Gerónimo, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

se cerraba. La solución final fue la propuesta por el ingeniero Gerardo Pérez-Puelles[12], de la Compañía Perforadora Panamericana:

> Luego surgió la idea de preparar el mismo método con tubos plásticos (polietileno), que podían quedar ahí cuando se les incorporara la carga explosiva. Al bajar las cuchillas perforadoras, centímetros más arriba lo hacían los tubos plásticos. En su interior, los artilleros colocaron las latas de explosivo, detonadas con fracciones de segundos de diferencia. (Ferrán 2007)

Para hacer la trinchera donde serían ubicados los cajones de hormigón pretensado se dragaron: 80 000 m^3 de arena en la parte central bajo la ubicación del cajón no.3 entre las cotas –12 m, cota de fondo de la bahía; y –24 m fondo de la trinchera. Además de 200 000 m^3 de roca de ambos lados del cajón central. En las orillas del canal el dragado debía realizarse de la cota –3 m a la –12 m, y en el centro del canal de la cota –10 m a la –24 m. Estos trabajos comenzaron en abril de 1956 y culminaron en marzo de 1957.

Edificios de ventilación y túneles construidos en el lugar

El dragado se comenzó a 30 m de distancia de los edificios de ventilación para que esta masa de roca, después de impermeabilizada sirviese de dique en las excavaciones de los edificios de ventilación y de la parte de los túneles a construir en el lugar.

Para la construcción de la parte de los túneles construidos in situ, se empleó hormigón armado, cubierto exteriormente por membranas de material bituminoso, variando la cantidad de membranas según la profundidad. Se hicieron juntas de expansión cada 20 m en las cuales se colocaron elementos water-stop de goma.

Concluida la construcción de los edificios de ventilación y las partes in situ, se procedió a colocar entre los lados de los edificios de ventilación y la tierra unas pantallas de tablestacas de acero que, empotradas en ambos lados y rellenando la parte superior, impedirían la entrada de agua y permitirían romper el dique de tierra. Las comunicaciones entre el dique y las partes del túnel ya fabricadas se cerraron provisionalmente con un tabique de hormigón.

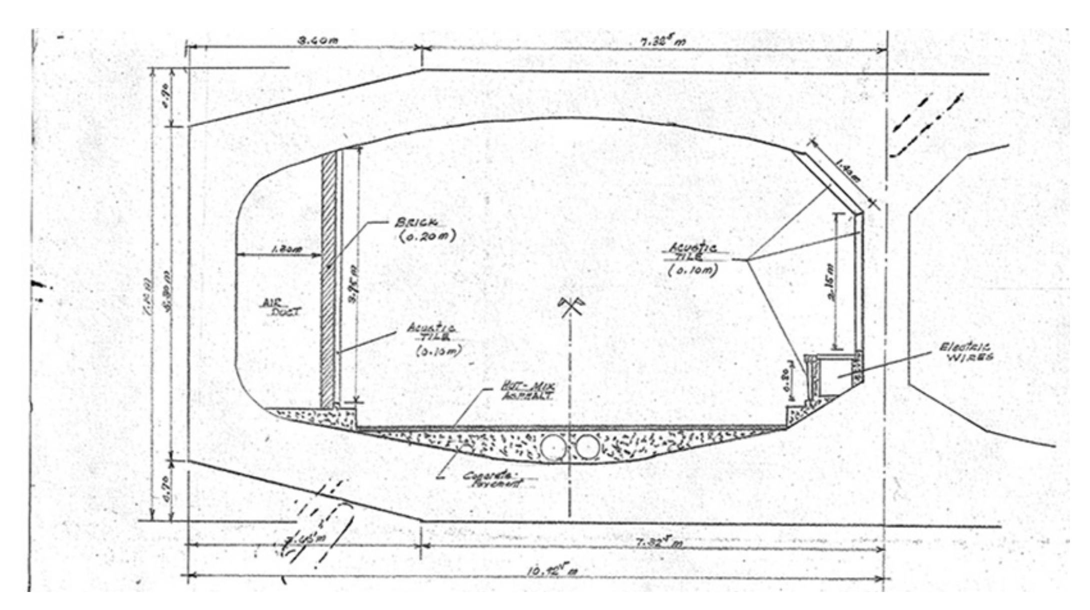


Figura 4
Sección definitiva construida por la compañía Société des Grands Travaux de Marseille. Plano de los cajones y la distribución de las redes en su interior. (Foto cortesía Biblioteca Arquitectos Fernando Salinas y Mario Coyula, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

Los cajones prefabricados del túnel

La construcción de los cajones en el dique seco se realizó con grúas de capacidad de 90 toneladas y un brazo de 30 m, aplicando métodos de prefabricación. Las grúas se emplearon en la colocación de los encofrados, del acero de refuerzo y de los tubos y cables para la pre compresión. También se emplearon para la colocación del hormigón por medio de tubos de 1.53 m^3 y 2.29 m^3 [2 y 3 yardas cúbicas respectivamente], así como los estabilizadores, chimeneas de acceso, torres y equipos accesorios que eran necesarios para el hundimiento y colocación definitiva de los cajones.

Se fabricaron cinco cajones de 22 m de ancho, 7.10 m de alto y 107.50 m de largo en cuatro de ellos y 90 m en el otro. Estos cajones tienen una sección aproximadamente rectangular con las esquinas achaflanadas y están divididos por un muro central que tiene aberturas de 1.20 m por 2.20 m cada 12 m aproximadamente para facilitar la comunicación de una vía a la otra, al personal operativo del túnel.

El espesor del hormigón varía de 0.75 a 0.90 m y fue comprimido en tres direcciones con cables de 60 toneladas cada uno, lo que posibilitó que cada cajón tuviese como tensión normal media de compresión del hormigón igual a 20 kg / cm^2 aproximadamente. Se emplearon aproximadamente 40 000 m de cable por cajón. Una vez que el hormigón adquiría su resistencia se realizaba el tensado de los cables[13] hasta 70 toneladas [su rotura era a 80 toneladas], y progresivamente se reducía a 65 toneladas; en cuyo momento se fijaban los anclajes por medio de gatos hidráulicos. Esta reserva de 10% aproximadamente compensaba las pérdidas por deformaciones, asegurando la presión prevista por los cálculos de 60 toneladas. Cada cajón contiene aproximadamente 40 000 m de armaduras.

Una vez concluido el trabajo de pre-compresión, se cubrieron las cabezas de los anclajes con hormigón para inyectar lechada de cemento en los tubos y recubrir toda el área exterior del cajón con pintura asfáltica. El fondo de los cajones presenta un recubrimiento de láminas de acero a modo de encofrado perdido de 2 mm de espesor.

Transportación y colocación de los cajones

La impermeabilidad de los cajones se probó en el dique seco tras permitir su inundación y colocar en los mismos balastos [agua] para evitar su flotación. La carga de prueba fue de 3.0 m y 10.0 m en la parte inferior. Una vez retirado el balasto, se verificaba si el resultado era similar o igual al obtenido en los cálculos. De ser positivo, se procedía a su transportación hacia el lugar definitivo.

Para transportar los cajones fue necesario abrir el dique seco, ya que estos eran desplazados por agua. En el caso de los cajones I y II, se excavó el dique de roca que se había dejado en la comunicación del dique seco con el canal de la bahía; en los otros casos [cajones III, IV y V], estos fueron trasladados hacia el interior de la bahía hasta que la trinchera donde se colocarían definitivamente estuviese preparada.

Los cajones fueron remolcados para su colocación por 6 remolcadores hasta su ubicación final; donde los esperaban cuatro barcazas con guías con la misma pendiente de los cajones, por las que corría una viga que servía para comprobar si el fondo dragado estaba a la profundidad requerida. El cajón colocado al medio de las barcazas suspendido por grúas, era hundido lentamente. Ya en el fondo, era colocado sobre cuatro apoyos construidos previamente y se verificaba que su posición fuese la correcta realizando los ajustes necesarios mediante el empleo de gatos hidráulicos.

Los apoyos definitivos fueron de hormigón bombeado desde las barcazas por medio de tubos que se fijaban en la posición debida a través de boyas o cables a tierra. Estos apoyos se realizaron descendiendo por guías colocadas a lados de los cajones, encofrados metálicos que en su fondo tenían sacos de yute para que se adaptaran al terreno. Finalmente, se bombeaba el hormigón y los buzos inspeccionaban que el contacto



Figura 5
Barcazas y remolcadores colocando uno de los cajones en posición. (Foto cortesía Fototeca de la Universidad San Gerónimo, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)
Las juntas.

cajón-apoyo fuese correcto. Estos apoyos requirieron el bombeo de 10 000 m³ de hormigón.

En los extremos de los cajones se construyeron cajuelas de hormigón armado de forma canalada para facilitar las uniones entre los mismos. El hormigón de las cajuelas fue reforzado por 6 125 372 metros lineales aceros de 1”, ½” y ⅜” aproximadamente.

Para realizar las juntas entre cajones, de 0.80 m de ancho y 1.50 m de espesor aproximadamente, fue necesario colocar una capa de piedra en el fondo y descender los cierres metálicos laterales y superior desde la superficie, para luego bombear el hormigón en la junta. Se instalaron en ellas, así como en los tabiques de cierre de las cabezas del cajón, unas compuertas de comunicación por si fuese necesario trabajar con aire comprimido en el interior de las juntas; y, además, tubos en los extremos de los cajones para realizar, en caso de que fuese necesario, futuras inyecciones en las juntas.

El próximo paso realizado fue la terminación de las uniones por el interior de los cajones. Primero, se removieron los tabiques que impidieron el acceso del agua hacia los cajones; para luego, rellenar las partes superiores de la junta con hormigón y una plancha de acero de 2 cm de espesor, atornillada y soldada a otras iguales que habían quedado en las cabezas de los cajones. Un tubo plástico de 2 pulgadas conectado al drenaje central, permite la eliminación del agua de cualquier filtración que se pudiese producir eventualmente.

Sistema de drenaje y contra inundaciones

Este sistema fue calculado basados en una cantidad de agua de lluvia equivalente a 0.10 m de altura por m² por hora. Lo que significa que, en el aproche del lado de la Cabaña, por su área, fue calculado para recoger 2 000 m³ de agua fluvial por hora.

Para su correcto funcionamiento fue prevista bajo las calzadas y en cada entrada del túnel, una cisterna de 500 m³ de capacidad aproximadamente; la cual deja un tiempo de 15 minutos para la puesta en marcha de las bombas si no son capaces de absorber los caudales excedentes a 0.10 m³ de precipitación por m² por hora. Las bombas tienen una potencia total de 120 cv[14], dividida en cuatro bombas de 20 cv en la Cabaña y cuatro bombas de 10 cv en La Habana, ubicadas en las salas de bombeo previstas al nivel de las calzadas en los edificios de ventilación.

Las inundaciones, por otro lado, se previeron contener por medio de drenajes que desembocan en un colector, cuyo bajo punto está en el eje del cajón central; para luego ser distribuidas hacia las cisternas a ambas márgenes del túnel. Una compuerta de maniobra rápida de acero con juntas de neopreno plegable con dispositivos de seguridad (Dionisio Suarez de la Portilla 1959), fue prevista instalarse en el lado Habana, por ser el de cota topográfica más baja y el afectado por el ras de mar con mayor frecuencia.

Sistema de ventilación

El sistema de ventilación del túnel se realiza por medio de inyección de aire fresco que se toma en los edificios de ventilación, situados a ambos lados del canal de la bahía, separados a 520 m uno del otro. La evacuación del aire viciado se hace por la parte superior de los pasajes vehiculares a pequeña velocidad. Los conductos laterales por donde se traslada el aire fresco, corren a lo largo del túnel y tienen 1.30 m de ancho por 3.60 m de alto con aberturas situadas cada 3.0 m, protegidas por celosías de bronce.

Seis ventiladores manufacturados por Joy Engineering Corporation fueron instalados en cada edifi-

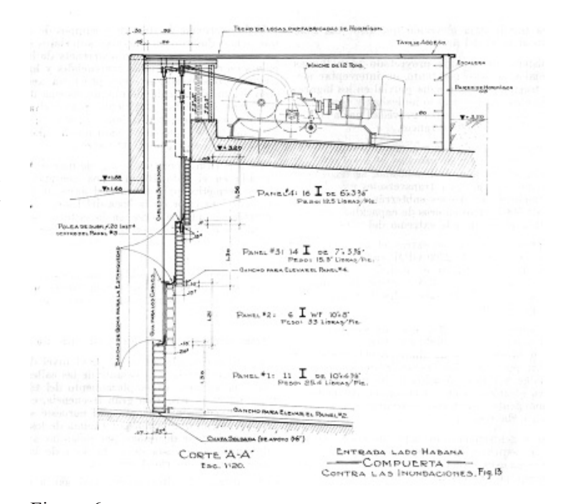


Figura 6
Detalle del dispositivo de compuerta de maniobra rápida. (Foto cortesía Biblioteca Arquitectos Fernando Salinas y Mario Coyula, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

cio de ventilación para suministrar aire fresco. El contenido de monóxido de carbono se determina automáticamente por equipamientos ubicados en el inicio y final de túnel, manufacturados por Mine Safety Appliances Co. Si la cantidad de monóxido de carbono excede la máxima fijada [2.5/10 000]; una alarma indicará en el cuarto de control ubicado en los edificios de ventilación, que se debe incrementar el suministro de aire fresco.

Sistema de iluminación

Estudios cuidadosos se realizaron sobre los niveles interiores de iluminación, dando como resultado cinco zonas de iluminación: acceso Habana, zona intermedia, zona central, zona intermedia, acceso Cabaña. Para estas zonas se previeron cuatro regímenes de iluminación con el objetivo de adaptar la luminosidad interior del túnel con la del exterior, siendo esta última en ambos extremos efectuada por medio de farolas de 400 watts. La iluminación interior se realizó colocando líneas laterales de tubos fluorescentes en 1 854 lámparas con pantallas completamente estancas.

La corriente eléctrica de alto voltaje [13 200 volts] se suministró independientemente por ambos extremos a una subestación equipada con transformadores, con capacidad suficiente para suplir la carga total del túnel. El sistema de emergencia de iluminación se proyectó para ser operado por medio de baterías y un generador auxiliar de motor *Diesel* con capacidad suficiente para asegurar el funcionamiento normal de los servicios principales: luz, ventilación, bombas y señales.

Sistema contra incendio

El sistema contra incendios está conformado fundamentalmente por una bomba centrífuga de 200 GPM y un sistema de tuberías con 16 salidas distribuidas de manera uniforme, para permitir la conexión de mangueras que permitieran llevar el agua a cualquier lugar del túnel y mitigar el incendio sin pérdida de tiempo. Este sistema se encuentra a su vez apoyado por el sistema de detección de monóxido de carbono del túnel.

DATOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN		
Zona de acceso:	60 metros de largo	1 400 lúmenes
Zona intermedia:	60 metros de largo	700 lúmenes
Zona de central:	500 metros de largo	350 lúmenes
Zona intermedia:	60 metros de largo	700 lúmenes
Zona de acceso:	60 metros de largo	1 400 lúmenes

Tabla 1
Datos generales de las zonas de iluminación.

Revestimientos y acabados interiores del túnel

Inicialmente el revestimiento propuesto para las paredes y techos del túnel estaría constituido por elementos pre-fabricados con diseño especial anti-sonoro, y encima de este, losas de cerámica. Debido a la dificultad para limpiar en un futuro las juntas entre elementos, la Comisión de Fomento Nacional del Túnel decidió emplear sólo losas cerámicas elaboradas por la U.S. Ceramic Tile Co. (Dionisio Suarez de la Portilla 1959), tamaño 11 cm por 11 cm [4 ¼ pulgadas por 4 ¼ pulgadas] de color marfil, con 25 tacos de agarre en la parte posterior. Finalmente, estas losas fueron blancas en vez de color marfil (Menéndez 1957).

Para que el diseño interior no fuese monótono se realizaron franjas de color azul con losas cerámicas de mismas dimensiones y fabricante; generando líneas de marcada direccionalidad en el zócalo y una faja cerca del techo.

El pavimento fue reforzado con barras de ½" a 0.25 m de espaciamiento si era sobre relleno, sino, con barras de ⅜" a igual espaciamiento; y terminado en una capa de asfalto de 7 cm de espesor. Mientras que el techo fue pintado con una lechada de impermeabilizante y luego cubierto con un mortero del mismo material de impermeabilización y arena silícea.

Sistema de señaléticas de tránsito y edificios auxiliares

Las señales de tránsito tanto interiores como exteriores al túnel se colocaron en las paredes laterales cerca del techo y postes, respectivamente. Ambas son controladas desde el cuarto de mando, con independencia total entre carriles de vías del túnel y si estas están hacia el interior o exterior del mismo (Dionisio Suarez de la Portilla 1959).

El cuarto de mando, así como las taquillas de peaje, una pequeña enfermería, y un garaje para los equipamientos y vehículos de socorro y limpieza; se



Figura 7
Túnel de La Habana acceso Oeste, en la actualidad. (Foto de la autora)

encuentran en la ribera Este de la bahía a la salida del aproche de la Cabaña.

Conclusiones

El túnel bajo la bahía habanera fue una hazaña de ingeniería, arquitectura y construcción en la época en la cual se concibió. Ejemplo de esto fue el vertimiento total de 80 000 m^3 de hormigón para su ejecución. Fue finalizado el 31 de mayo de 1958 gracias a la experiencia de los especialistas a cargo y las disímiles soluciones ingeniosas como las explosiones encamisadas, diques, casas de bombeo y ventilación, cajones prefabricados, y compuertas contra inundaciones. Una inauguración multitudinaria, donde por primera y única vez se cruzaron sus 733 m de largo a pie; marcó el inicio de su vida útil.

Durante sus casi 60 años de funcionamiento continuado, se convirtió en el articulador de las conexiones desde y hacia la capital cubana; lo que ha permitido la expansión de la ciudad hacia el Este, no para el turismo sino para el habitante. Hoy, Habana del Este, con 176 268 habitantes es uno de los municipios de la urbe habanera; que cuenta con 111 escuelas, 222 centros de salud [lo que incluye hospitales y policlínicos], 34 instalaciones deportivas, siendo la más conocida, la Villa Panamericana[15]; y más de 50 mil viviendas. Cada año por sus vías pasan alrededor de 2 millones de cubanos y aproximadamente 3 millones más de visitantes, ya sea en transporte urbano o privado (Cuba s.f.). Las playas, antes cotizadas por inaccesibles, ahora están a 30 min de la ciudad, y son disfrutadas tanto por cubanos como por visitantes foráneos.

El Túnel bajo la rada es sin lugar a dudas una joya de la ingeniería cubana y el actor principal en el crecimiento urbano de la ciudad de La Habana.

Notas

1. Nombre dado al puerto de la bahía de La Habana por los conquistadores españoles dada sus condiciones para carenar.
2. Las murallas fueron parte del sistema defensivo de la urbe habanera. Una de Tierra y otra de Mar, protegían a la ciudad de ataques de piratas, cosarios, bucaneros e invasiones enemigas. La Muralla de Tierra fue demolida en la segunda mitad siglo XIX.
3. Actual Avenida del Puerto.
4. El período republicano de la historia cubana comienza el 20 de mayo de 1902 y finaliza el 1 de enero de 1959.
5. Participante en las luchas políticas contra el dictador Machado. Constituyente en 1940 y Senador de 1940 a 1944, fue electo presidente en 1948. Fue derrocado por el Golpe de Estado de Fulgencio Batista de 10 de marzo de 1952, marchado al exilio.
6. José Emérito Menéndez Menéndez fue un destacado arquitecto e ingeniero cubano que nació en La Habana en el año 1900 y se gradúa en 1922 de arquitecto e ingeniero civil en la Universidad de La Habana. Durante su vida profesional fue Profesor Titular de la Facultad de Ingenieros y Arquitectos; Presidente del Colegio de Ingenieros civiles y de la Sociedad Cubana de Ingenieros; y participó en proyectos notables como el Edificio Bacardí en La Habana, la supervisión técnica del Túnel de La Habana, y las construcciones del túnel de Calzada y de la calle Línea. Falleció en La Habana en 1991.
7. Parque donde se erige un monumento dedicado al dominicano, Máximo Gómez Báez; General del Ejército Libertador cubano de las guerras de independencia de 1868–1878 y 1895–1898. Ubicado en la intersección de las calles Malecón, Avenida del Puerto, Zulueta y Monserrate.
8. Fortalezas ubicadas en las elevaciones de la ribera Este de la bahía de La Habana, construidas en el siglo XVIII como parte del sistema de fortificaciones de la ciudad de San Cristóbal de La Habana.

9. Apodo de Máximo Gómez Báez (ver nota 7).
10. La pendiente se expresa en tantos por ciento, o en grados. Un ángulo de 45º es una pendiente del 100% porque cada 100 m en horizontal se recorren 100m en altura. El «por ciento de pendiente» es la elevación que se alcanza en 100 m. (N. *de la E.*)
11. También posee los nombres de Monserrate, Egido y Avenida de Bélgica.
12. Ingeniero de origen cubano que en la década del 50 se dedicaba a la perforación para la investigación de suelos en diversas obras desde Pinar del Río hasta la región oriental de Cuba. Co-fundador de la Compañía Perforadora Panamericana junto con Fernando Pérez-Puelles y otro ingeniero de apellido Castro, la cual trabajó para la Comisión de Fomento Nacional y el Ministerio de Obras Públicas de Cuba.
13. El tensado de los cables se realizó por ambos extremos del cable si el cajón era largo, o por uno sólo si era corto.
14. Unidad de potencia denominada Caballo de Vapor y define la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kgf a 1 m de altura en 1 s. Equivalencia: 1 cv = 735.498 w ó 1 cv = 0.986 320 070 619 67 HP.
15. Villa de residencias y estadios deportivos construida para los atletas de los Juegos Panamericanos Habana'91 y que después fue utilizada como zona residencial por los habitantes de la ciudad, luego de concluidos los juegos.

Lista de referencias

Aramis Taboada, Alfredo Esquivel, Salvador Lew. 1949. «Duelo Nacional el día 23 por la aprobación del empréstito.» *El Mundo*, septiembre.

Armando Díaz Amador, Vicente A. de Castro, Adolfo Benages, Asociación de Estudiantes de Derecho, Asociación de Estudiantes de Filosofía y Letras, Asociación de Estudiantes de Ciencias, Asociación de Estudiantes de Arquitectura. 1949. «Millones de metros están en manos privadas.» *Hoy*, 23 de Agosto.

Cotta, Ramón. 1949. «Solicitan $40,000.00. Los quiere Prío para construir el túnel a Cojímar y dragar el puerto. Préstamo condicionado. Con el sistema de «Authorities» Cuba podría recibir hasta $250.000,00.» *El mundo*, 21 de agosto.

Cuba, ONEI Oficina Nacional de Estadísticas e Información. República de. s.f. *ONEI Oficina Nacional de Estadísticas e Información. República de Cuba.* Último acceso: 25 de mayo de 2017. http://www.one.cu.

Dionisio Suarez de la Portilla, Armando Pérez Cobo, Luis Sáenz, Antonio Armand, Fidel Pino. 1959. «El túnel de la bahía de La Habana y la Comisión de Fomento Nacional.» *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros* 59(2): 57–72.

El Mundo. 1949. «Arriban hoy los técnicos de EE.UU.» 14 de Agosto.

El Mundo. 1949. «Debaten si se hará en la bahía un túnel o un puente.» 11 de Agosto.

El Mundo. 1955. «Laborarán en el túnel 20 mil obreros.» 19 de enero.

Ferrán, Mario Cremata. 2007. «Juventud Rebelde.» *Relatan detalles de la construcción del túnel de la Bahía de La Habana.* 12 de enero. Último acceso: 17 de abril de 2017. http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2007-01-12/relatan-detalles-de-la-construccion-del-tunel-de-la-bahia-de-la-habana-/.

Lima, López. 1949. «Entregaron los planos del puente.» *El Mundo*, 14 de septiembre.

Menéndez, José Emérito Menéndez. 1957. «Túnel de La Habana. Proyecto y construcción: Societé des Grands Travaux de Marseille.» *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros* 57(10): 559–590.

Popular, La Comisión Ejecutiva Nacional del Partido Socialista. 1949. «Contra el Empréstito Extranjero, el Plan Cubano.» *Hoy*, 30 de enero.

Toraya, Juan de las cuevas. 2011. *Las siete maravillas de la ingeniería civil cubana.* La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.

Varona, Manuel A. de. 1949. «Explica el Primer Ministro los fines del empréstito.» *El Mundo*, 27 de enero.

Lista de autores

Addis, Bill. Engineering History and Heritage

Almagro, Antonio.Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Granada

Alonso de la Peña, Javier. Arquitecto. Catedral de Santiago de Compostela

Alonso Rodríguez, Miguel Ángel.Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid

Álvarez Areces , Enrique. Modulo de piedra y patrimonio monumental. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España

Amendolagine, Francesco. Università degli Studi di Udine

Amorós, Samuel. Universidad Ricardo Palma. Instituto de Investigación del Patrimonio Cultural

Angelillo, Maurizio. Dipartimento di Ingegneria Civile/DICIV. Università degli Studi di Salerno

Aranda Alonso, María. Technische Universität Dresden

Arantes da Silva, Ana Lúcia. Prefeitura Municipal de Guarulhos

Ardanaz Ruiz, Cecilia. Universidad Politécnica de Madrid

Arellano Escudero, Nelson. Instituto Estudios Internacionales. Universidad Arturo Prat, Iquique

Arnanz Ayuso, Marcos. Universidad Politécnica de Madrid

Arteaga Botero, Gustavo Adolfo. Universidad Javeriana Cali

Atienza Fuente, Javier. Universidad Rovira i Virgili

Azevedo Salomao, Eugenia María. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Azkarate, Agustín. Catedrático de Arqueología, Director del Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (GPAC) y de la Cátedra UNESCO Paisajes Culturales y Patrimonio. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Azpiri Albistegui, Ana. E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Backof Timm, Caroline. Universidad Politécnica de Madrid

Balaguer Dezcallar, María Josefa. Universidad Politècnica de Valencia

Balmori, José Antonio. Grupo de Investigación en Estructuras y Tecnología de la Madera. Universidad de Valladolid

Balsa de Pinho, Joana. ARTIS, Faculdade de Letras. Universidade de Lisboa

Baltuille Martín, José Manuel. Modulo de piedra y patrimonio monumental. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España

Bargón García, Marina. Universidad de Extremadura

Baró Zarzo, José Luis. Universitat Politècnica de València

Basterra, Luis Alfonso. Grupo de Investigación en Estructuras y Tecnología de la Madera. Universidad de Valladolid

Basterra García, María. Universidad de Valladolid

Beldarrain-Calderón, Maider. E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Bellido Pla, Rosa. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas IT, MMC y TE. ETS Arquitectura. Universidad de Valladolid

Benedet, Verónica. Arquitecta, investigadora en el Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (GPAC). Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Benincampi, Iacopo. La Sapienza - Università di Roma

Benítez Hernández, Patricia. Universidad Antonio de Nebrija

Benito Pradillo, Mª Angeles. Universidad Politécnica de Valencia

Bianco, Vittoria. Politecnico di Torino
Bibiloni Terrasa , Miquel. Foster + Partners
Blasco Macías, Federico. Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica y Energética. Universidad de Huelva
Bühler, Dirk. Deutsches Museum, Munich
Bulfone Gransinigh, Federico. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Cabeza Prieto, Alejandro. Universidad de Valladolid
Cabrera Aceves, Juan. ICOMOS México, Comité científico de diagnóstico estructural
Cacciavillani, Carlos Alberto. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Calosci, Alfredo. Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica. Università degli Studi di Sassari
Calvo López, José. Universidad Politécnica de Cartagena
Camino Olea, María Soledad. Universidad de Valladolid
Cárcamo Martínez, Joaquín. Asociación Vasca de Patrimonio Industrial y Obra Pública
Casado, Milagros. Grupo de Investigación en Estructuras y Tecnología de la Madera. Universidad de Valladolid
Caso Amador, Rafael. Historiador y arqueólogo
Castellano Román, Manuel. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla
Cejudo Collera, Mónica. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México
Cennamo, Claudia. Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale. Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
Chamorro, Miquel Àngel. Escuela Politécnica Superior. Universitat de Girona
Cobos Rodríguez, Luis M. ARQ patrimonio cultural y turismo S.L.
Coll Pla, Sergio. Universidad Rovira i Virgili
Cortés Meseguer, Luis. Universidad Politécnica de Valencia
Cortés Rocha, Xavier. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México
Costa Jover, Agustí. Universidad Rovira i Virgili
Crespo de Antonio, Maite. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Cruz López, Borja. Universidad Politécnica de Madrid
Cursino dos Santos, Letícia. Universidade de Taubaté (UNITAU)
Cusano, Concetta. Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale. Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
Cueto, Beatriz del. Pantel, del Cueto & Asociados. Puerto Rico
Delgado Trujillo, Antonio. Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno. Universidad de Sevilla
Díaz del Campo Martín Mantero, Ramón Vicente. Universidad de Castilla-La Mancha
Díaz Macías, Brenda Estefanía. Universidad Autónoma de Aguascalientes
Díaz Parra, Sergio Juan. Arquitecto
Díez Oronoz, Aritz. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Domínguez Burrieza, Francisco Javier. Universidad de Valladolid
Domouso de Alba, Francisco José. Universidad Europea Madrid
Durán Fuentes, Manuel. E.I.C. Durán, S.L.
Enparantza Agirre, Mikel. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Escalada Marco-Gardoqui, María, Universidad Politécnica de Madrid
Escorial Esgueva, Juan. Universidad de Salamanca
España Caballero, Arturo. Instituto Politécnico Nacional. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación- ESIA Tecamachalco
Espinosa Martínez, José Antonio. Departamento de Diseño y Edificación. Facultad de Estudios Superiores en Acatlan FES. Universidad Autónoma de México
Estepa Rubio, Antonio. Escuela de Arquitectura y Tecnología. Universidad San Jorge
Estepa Rubio, Jesús. Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación. Universidad Politécnica de Cartagena
Etxebarria Mallea, Matxalen. Departamento de Arquitectura. E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Etxepare, Lauren. Departamento de Arquitectura. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Fernández Correas, Lorena. Universitat de Valencia
Fernández Suárez, Jorge. Modulo de piedra y patrimonio monumental. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España
Fernández-Llebrez Muñoz, José. Departamento de proyectos y representación de la arquitectura. Universidad Europea de Valencia
Ferrer Forés, Jaime J. Universitat Politècnica de Catalunya
Figueroa Viruega, Edmundo Arturo,Universidad Nacional Autónoma de México
Flores Román, Milagros. Presidenta ICOFORT
Flores Sasso, Virginia. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra
Fonseca de la Torre, Héctor Juan. Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social, Ciencias y Técnicas Historiográficas. Universidad de Valladolid
Font Arellano, Juana. Fundación Antonio Font de Bedoya
Freire-Tellado, Manuel J. Universidade da Coruña
Fuente, Ander de la. Doctor Arquitecto, profesor de la ETS de Arquitectura de Donostia-San Sebastián e investigador en el Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (GPAC) y en la Cátedra UNESCO Paisajes Culturales y Patrimonio. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Fuentes, Paula. Brandenburgische Technische Universität, Cottbus, Alemania

Galeno-Ibaceta, Claudio. Escuela de Arquitectura. Universidad Católica del Norte, Antofagasta
Galiana Núñez, Magdalena. Biblioteca pública María José Calle "Toche". Ayuntamiento de Trujillo
Galindo Díaz, Jorge. Universidad Nacional de Colombia
Gallego Blázquez, Rocío. Universidad de Valladolid
Gallego Valle, David. Fundación Castillo de La Estrella de Montiel
García García, Rafael. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
García Moreno, Leticia. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
García Muñoz, Julián. Universidad Politécnica de Madrid
García Soriano, Lidia. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València
Gil Crespop, Ignacio. Universidad Politécnica de Madrid
Gilabert Sansalvador, Laura. Universidad Politécnica de Valencia
Gómez Patrocinio, F. Javier. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València
González Gozalo, Elvira. Real Academia Mallorquina de Estudios Históricos (RAMAEH)
González Manich, Clara. Architecture Department. Engineering Faculty. University of Strathclyde
González Quintial , Francisco. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
González Yunta, Francisco. Departamento de Tecnología de la Edificación. Escuela Técnica Superior de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid
González-Longo, Cristina. Architecture Department. Engineering Faculty. University of Strathclyde
Graciani García, Amparo. Universidad de Sevilla
Guadalupe, Rafael. Universidad Politécnica de Madrid
Gutiérrez Hernández, Alexandra M. Universidad de Salamanca
Hernando de la Cuerda, Rafael. Escuela de Arquitectura. Universidad de Alcalá
Huchim Herrera, José. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)
Huerta, Santiago. Universidad Politécnica de Madrid
Hurtado-Valdez, Pedro. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma
Ibarra-Sevilla, Benjamin. University of Texas at Austin
Iborra Bernad, Federico. Departamento de Composición Arquitectónica. Universitat Politècnica de València
Infante Limón, Enrique. Departamento de Historia del Arte. Universidad de Sevilla
Izaga Reiner, José María. Asociación para la Conservación y Estudio de los Molinos e Ingenios Hidráulicos (A.C.E.M.)
Jiménez Vaca,Alejandro. Instituto Politécnico Nacional
Jufre Garcia, Xavier. Asociación Artificio de Juanelo
La Spina, Vincenzina. Universidad Politécnica de Cartagena
Lasheras Merino, Félix. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Lasheras Salgado, Raquel. Diseño de interiores. Universidad Politécnica de Madrid
Lie Nagase, Larissa. Estudio Sarasá
Lima Araújo, Camila. Universidade de Taubaté (UNITAU)
Lizundia, Iñigo. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Llano Castresana, Urtzi. Departamento de Arquitectura. E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Llorens Sulivera, Joan. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Girona
Llorente Álvarez, Alfredo. Universidad de Valladolid
Lluis i Ginovart, Josep. Universitad Internacional de Catalunya
López Bernal, Vicente. THAU SLP
López Mozo, Ana. Universidad Politécnica de Madrid
López Piquer, Mónica. Universitat Internacional de Catalunya
López Romero, María. THAU SLP
López Ulloa, Fabián Santiago. Universidad Técnica de Ambato
López Ulloa, Ana Angélica. Universidad Técnica de Ambato
Lozano Bartolozzi, María del Mar. Dpto. Arte y Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura
Luengas – Carreño, Daniel. E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Maira Vidal, Rocío. Universidad Politécnica de Madrid
Malavassi Aguilar, Rosa Elena. Universidad de Sevilla
Mancera Sánchez, Raquel. Dirección General de Patrimonio Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México
Marín Palma, Ana Mª. Departamento de Arquitectura. Universidad de Alcalá de Henares
Marín Sánchez, Rafael. Universitat Politècnica de València
Marrero Cordero, Alain. Oficina del Historiador de La Habana
Martín Domínguez, Beatriz. Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia. Universitat Politècnica de València
Martín Jiménez, Carlos. Universidad Politécnica de Madrid
Martín Sánchez, Julio. Universidad de Castilla-La Mancha
Martín Talaverano, Rafael. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Martínez Martínez, Mónica. Departamento de Arquitectura. Universidad de Alcalá
Martínez Moreno, Diego. Universidad Politécnica de Madrid
Martínez Rodríguez, María Angélica. Universidad de Navarra
Martínez Vanaclocha, Rosana. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia
Martínez-Martínez, Javier. Modulo de piedra y patrimonio monumental. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España

Mata Almonte, Esperanza. Arqueóloga
Mateos Valiente, Amaia. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Mazzanti, Claudio. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Mendizabal Samper, Enara. Departamento de Geografía, prehistoria y arqueología, Facultad de Letras de Vitoria-Gasteiz. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Merino Aranda, Antonia. Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática. Universidad de Córdoba
Merino Gómez, Elena. Universidad Nebrija de Madrid
Mileto, Camila. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València
Molero García, Jesús Manuel. Universidad de Castilla-La Mancha, LAPTE
Molina Huelva, Marta. Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno. Universidad de Sevilla
Molina Sánchez de Castro, Vicente Emilio. Universidad de Salamanca
Monari, Filippo. Mechanical and Aerospace Engineering Department. Engineering Faculty. University of Strathclyde
Monteros Cueva, Karina. Universidad Técnica Particular de Loja
Moreno Blanco, Raimundo. Universidad de Salamanca
Moreno Fernández, Esther. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Moreno Megias, Roger. PD Tecnologia de l'Arquitectura, de l'Edificació i de l'Urbanisme. Universitat Politècnica de Catalunya
Moreno Muñoz, Pablo. Departamento de proyectos y representación de la arquitectura. Universidad Europea de Valencia
Mujika Urteaga, Marte. Departamento de Arquitectura. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Muñoz Fernández, Francisco Javier. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Muñoz Muñoz, Jose. Universidad Autónoma de Aguascalientes
Muñoz Rebollo, Gabriel. Arquitecto
Muñoz Vicente, Ángel. Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz)
Murillo Fragero, José Ignacio. Urbeproorbe. Patrimonio cultural
Natividad Vivó, Pau. Universidad Politécnica de Cartagena
Negro, Sandra. Instituto de Investigación del Patrimonio Cultural. Universidad Ricardo Palma
Niar, Sanaa. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Ocerin Ibáñez, Olatz. Doctora en Filosofía y Arquitecta
Oddi, Fabrizio. La Sapienza - Università di Roma
Olivar Parra, José Mª. Universidad de Valladolid
Ordóñez Castañón, David. ETS de Arquitectura. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Ortueta Hilberath, Elena de. Universidad de Extremadura
Otaduy, Juan Pedro. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Otamendi-Irizar, Irati. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Palacios Gonzalo, Jose Carlos. Universidad Politécnica de Madrid
Palenzuela Navarro, Antonio. Instituto de estudios almerienses. IEA-CECEL, CSIC
Pastor Villa, Rosa. Universitat Politècnica de València
Pastrana Salcedo, Tarsicio. Instituto Politecnico Nacional SEPI ESIA Tecamachalco
Peiró Vitoria, Andrea. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia
Pinilla Melo, Javier. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Pinto Puerto, Francisco. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla
Piñuela García, Mila. Arquitecta. Toledo
Plasencia-Lozano, Pedro. Universidad de Oviedo
Pons Poblet, Josep Maria. Universitat Politècnica de Catalunya
Prieto Vicioso, Esteban. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Puente Martínez, José. Universidad Complutense de Madrid
Putzu, Maria Giovanna. La Sapienza - Università di Roma
Rabasa Díaz, Enrique. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Ramírez, Carolina. Universidad Politécnica de Madrid
Ramírez Sánchez, Enrique. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Rangel Cobos, Sandra Catherine. Universidad Politécnica de Madrid
Redondo Martínez, Esther. Universidad Europea de Madrid
Rembrandt Gutlich, George. Universidade de Taubaté (UNITAU)
Reséndiz Vázquez, Aleyda. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Politécnico Nacional
Rinaldi, Simona. G. D'Annunzio Pescara Estudios Universitarios
Rincón Millán, María Dolores. Universidad de Sevilla
Rodrigues Secco, Gustavo. Estúdio Sarasá
Rodríguez Esteban, María Ascensión. Universidad de Salamanca
Rodríguez García, Ana. Escuela de Arquitectura. Universidad de Alcalá
Rodríguez Licea, Minerva. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad de Colima
Rodríguez Marcos, Jose Antonio. Departamento de Historia, Geografía y Comunicación. Universidad de Burgos
Rodríguez Méndez, F. Javier. Universidad de Salamanca

Román Alvarado, Abe Yillah. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Iberoamericana, Ciudad de México
Romero Bejarano, Manuel. Ayuntamiento de Jerez de la Frontera
Romero Medina, Raúl. Universidad Internacional de la Rioja
Rosselló Nicolau, María Isabel. Escola Politècnica Superior d'Edificación de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya
Rotaeche Gallano, Miguel. Estudio Rotaeche
Sáez Pérez, María Paz. Universidad de Granada
Sagarna, Maialen. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Salcedo Galera, Macarena. Universidad Politécnica de Cartagena
Salguero Andujar, Francisco J. Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica y Energética. Universidad de Huelva
Sánchez Núñez, Giordano. Centro Histórico de la Habana
Sancho Mir, Miguel. Universidad de Zaragoza
Sancho Pereg, Enrique. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Sanjurjo Álvarez, Alberto. Escuela Politécnica Superior. Universidad CEU-San Pablo
Sanz Arauz, David. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Sasso, Chiara. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Secomandi, Elciio Rogerio. Academia de História Militar Terrestre do Brasil (AHITB)
Segú Alonso, Juan José. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Segurola Soler, Patricia. Escola Politècnica Superior d'Edificación de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya
Serafini, Lucia. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Severini, Michele. G. D'Annunzio Pescara Estudios Universitarios
Sobrino González, Miguel. Escultor y cantero. Universidad Politécnica de Madrid
Sola Alonso, José Ramón. Escuela Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid
Soler Busquets, Jordi. Escuela Politécnica Superior. Universitat de Girona
Soler Estrela, Alba. Universitat Jaume I
Soler Verdú, Rafael. Universidad Politécnica de Valencia
Soto Toledo, Katherine. Universidad Técnica Particular de Loja
Soto Zamora, Miguel Ángel. Universidad Autónoma de Aguascalientes
Souto-Blázquez, Gonzalo. Universidade da Coruña
Tarrío Carrodeguas, Santiago B. Departamento de Representación y Teoría Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid
Tellia, Fabio. Universidad Politécnica de Madrid
Tello Peón, Berta Esperanza. Centro de Investigaaciones en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México
Terán Bonilla, José Antonio. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México
Tolosa Correa, Ricardo. Universidad Nacional de Colombia
Torres Garibay, Luis Alberto. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Torres Santiago, Jerry. Universidad de Puerto Rico
Toscano Hernández, Lourdes. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)
Uranga, Eneko Jokin. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Urbano Lorente, Judith. Universitat Internacional de Catalunya
Valderrama, Fernando. RIB Spain S.A.
Vale, Clara Pimenta do. Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo. Faculdade de Arquitectura. Universidade do Porto (CEAU/FAUP)
Valiente López, Mercedes. Universidad Politécnica de Madrid
Valiñas Varela, María Guadalupe. Instituto Politécnico Nacional de México
Van Nievelt Nicoreanu, Hendik. Universidad Técnica Federico Santa María
Vegas López-Manzanares, Fernando. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València
Velo Gala, Almudena. Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Granada
Verazzo, Clara. Departamento de Arquitectura. Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Vicén Banzo, Luis. Balaguer l Vicén arquitectos
Vilagran, Elena. Universidad de Girona
Villacampa Crespo, Laura. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València
Villamayor Fernández, Roberto. ETS de Arquitectura. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Villar Bosch, Carme. Universitat Politècnica de València
Villate Matiz, Camilo. Universidad de los Andes
Wunderwald, Anke. BTU Cottbus-Senftenberg
Yuguero Suso, Begoña. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Zamora i Mestre, Joan Lluís. LiTA (Laboratori d'innovació i Tecnologia a l'Arquitectura). Universitat Politècnica de Catalunya
Zaragozá Catalán, Arturo. Generalitat Valenciana
Zayas Rubio, Lynne. Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana

Índice de autores


ISBN 978-84-9728-564-3